

Aspectos biológicos para la maricultura de lutjánidos




COMUNICACIÓN
CIENTÍFICA

Apolinar Santamaría Miranda
Juan Pablo Apún Molina
(editores)

Aspectos biológicos para la maricultura de Lutjánidos



**COMUNICACIÓN
CIENTÍFICA**

Ediciones Comunicación Científica se especializa en la publicación de conocimiento científico de calidad en español e inglés en soporte de libro impreso y digital en las áreas de humanidades, ciencias sociales y ciencias exactas. Guía su criterio de publicación cumpliendo con las prácticas internacionales: dictaminación de pares ciegos externos, autenticación antiplagio, comités y ética editorial, acceso abierto, métricas, campaña de promoción, distribución impresa y digital, transparencia editorial e indexación internacional.

Cada libro de la Colección Ciencia e Investigación es evaluado para su publicación mediante el sistema de dictaminación de pares externos y autenticación antiplagio. Invitamos a ver el proceso de dictaminación transparentado, así como la consulta del libro en Acceso Abierto.



www.comunicacion-cientifica.com

[DOI.ORG/10.52501/cc.151](https://doi.org/10.52501/cc.151)




**COMUNICACIÓN
CIENTÍFICA** PUBLICACIONES
ARBITRADAS
HUMANIDADES, SOCIALES Y CIENCIAS

CC+
COLECCIÓN
CIENCIA e
INVESTIGACIÓN

Aspectos biológicos para la maricultura de Lutjánidos

Apolinar Santamaría Miranda
Juan Pablo Apún Molina
(editores)



**COMUNICACIÓN
CIENTÍFICA**

Aspectos biológicos para la maricultura de lutjánidos / editores Apolinar Santamaría Miranda, Juan Pablo Apún Molina .— Ciudad de México : Comunicación Científica, 2023. (Colección Ciencia e investigación).

229 páginas : gráficas, ilustraciones ; 23 × 16.5 centímetros

DOI: 10.52501/cc.151

ISBN: 978-607-59874-6-0

1. Lutjánidos. 2. Maricultura I. Santamaría Miranda, Apolinar, editor. II. Apún Molina, Juan Pablo, editor.

LC: QL638.L9 A87

DEWEY: 597.58 A87

La titularidad de los derechos patrimoniales de esta obra pertenece a los autores D.R. Apolinar Santamaría Miranda y Juan Pablo Apún Molina (editores), 2023. Su uso se rige por una licencia Creative Commons BY-NC-ND 4.0 Internacional, <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode.es>

Primera edición en Ediciones Comunicación Científica, 2023

Diseño de portada: Francisco Zeledón • Interiores: Guillermo Huerta

Ediciones Comunicación Científica S.A. de C.V., 2023

Av. Insurgentes Sur 1602, piso 4, suite 400

Crédito Constructor, Benito Juárez, 03940, Ciudad de México,

Tel. (52) 55 5696-6541 • móvil: (52) 55 4516 2170

info@comunicacion-cientifica.com • www.comunicacion-cientifica.com

 [comunicacioncientificapublicaciones](#)  [@ComunidadCient2](#)

ISBN 978-607-59874-6-0

DOI 10.52501/cc.151



Esta obra fue dictaminada mediante el sistema de pares ciegos externos.
El proceso transparentado puede consultarse, así como el libro en acceso abierto,
en <https://doi.org/10.52501/cc.151>

Índice

<i>Agradecimientos</i>	15
<i>Presentación</i>	17
<i>Prólogo</i>	19

PARTE 1 CONDICIONES AMBIENTALES PARA EL CULTIVO DE LUTJANIDOS

1. Influencia de El NIÑO 2015 en la biomasa fitoplactónica en el noroeste del Pacífico Mexicano <i>Teresa Leticia Espinosa Carreón,</i> <i>Apolinar Santamaría Miranda, Juan Pablo Apún Molina</i>	23
2. Frentes de agua marina y continental para el desarrollo alterno del cultivo de pargos y distintas especies marinas <i>Mariano Norzagaray Campos, Patricia Muñoz Sevilla,</i> <i>Omar Llanes Cárdenas</i>	29

3. Análisis de selección de sitio para cultivos de peces en Sinaloa: Calidad de agua
María Isabel Sotelo González, Andrés Martín Góngora Gómez, Norma Patricia Muñoz Sevilla, Apolinar Santamaría Miranda . . . 43

PARTE 2

NUTRIENTES Y CALIDAD DE AGUA PARA EL CULTIVO DE LUTJANIDOS

4. Calidad de agua y nutrientes en el hábitat de organismos silvestres del pargo *Lutjanus colorado* (Jordan y Gilbert, 1882), en la costa Norte de Sinaloa
Jesús Francisco Escárrega Román, Apolinar Santamaría Miranda, María Antonia Quintero Vázquez, Juan Pablo Apún Molina, Mauro Espinoza Ortiz 51
5. Parámetros fisicoquímicos y nutrientes en el hábitat de *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922): Comparación de estacionalidad y lugar
Marco Antonio Liera Sandoval, Apolinar Santamaría Miranda, Urfila Victoria Pelaez Estrada, Juan Pablo Apún Molina 57
6. Análisis de calidad de agua y nutrientes en el hábitat de organismos silvestres del pargo *Lutjanus colorado* (Jordan y Gilbert, 1882), en la costa Norte de Sinaloa
Jesús Francisco Escárrega Román, Apolinar Santamaría Miranda, Juan Pablo Apún Molina, Mauro Espinoza Ortiz 63
7. Análisis de calidad de agua y nutrientes en el hábitat de una población silvestre de pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869) en la costa Norte de Sinaloa, México
Máximo García Marciano, Apolinar Santamaría Miranda, María Antonia Quintero Vázquez, Juan Pablo Apún Molina, Jesús Arturo Fierro Coronado 67

Parte 3
MORFOFISIOLOGÍA DE LUTJANIDOS

8. Variabilidad de la condición morfofisiológica de la población silvestre del pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* (Peters 1876) en una laguna costera de la parte del Sur del Golfo de California, México
Máximo García Marciano, Apolinar Santamaría Miranda, Juan Violante González, Juan Pablo Apún Molina, Jesús Arturo Fierro Coronado 75
9. Análisis morfofisiológicos de *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) en el Pacífico mexicano
Apolinar Santamaría Miranda, Juan Pablo Apún Molina, Urfila Victoria Peláez Estrada 81
10. Análisis morfofisiológicos de *Lutjanus colorado* (Jordan y Gilbert, 1882) en el Pacífico norte de México
Jesús Francisco Escárrega Román, Apolinar Santamaría Miranda, Juan Pablo Apún Molina 87
11. Análisis morfofisiológicos de *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) en el Pacífico sur de México
Martín A. Román Vega, Apolinar Santamaría Miranda, Jose Ángel Trigueros Salmerón 97

Parte 4
REPRODUCCIÓN

12. Estadios gonádicos de *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) en el Pacífico Norte de México
Jesús Francisco Escárrega Román, Máximo García Marciano, Marco Antonio Liera Sandoval, Pedro Hernández Sandoval, Apolinar Santamaría Miranda y Juan Pablo Apún Molina 107

13. Análisis del desarrollo gonádico de *Lutjanus colorado* (Jordan y Gilbert, 1882) en el Pacífico Norte de México
Claudia Imelda Cervantes Mejía, Apolinar Santamaría Miranda, Máximo García Marciano, Juan Pablo Apún Molina, Mirella Saucedo Lozano, Refugio Riquelmer Lugo Gamboa 113

Parte 5

BIOQUÍMICA SANGUÍNEA

14. Análisis de la bioquímica sanguínea de *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) comparación de estacionalidad y lugar
Marco Antonio Liera Sandoval, Martin Armando Román Vega, Máximo García Marciano, Apolinar Santamaría Miranda, Juan Pablo Apún Molina, María de Los Ángeles Espinosa Heredia, Refugio Riquelmer Lugo Gamboa 125

Parte 6

CÉLULAS SANGUÍNEAS

15. Descripción de células sanguíneas en organismos silvestres del pargo *Lutjanus colorado* (Jordan y Gilbert, 1882)
Jesús Francisco Escárrega Román, Apolinar Santamaría Miranda, Juan Pablo Apún Molina, Refugio Riquelmer Lugo Gamboa 139
16. Descripción de células sanguíneas en organismos silvestres del pargo *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922)
Martin Armando Román Vega, Marco Antonio Liera Sandoval, Máximo García Marciano, Apolinar Santamaría Miranda, y Ana Inzunza Colio 147

Parte 7
VARIABILIDAD GENÉTICA

17. Estudio de la variabilidad genética usando ADN genómico (microsatélites) y ADN mitocondrial en especies marinas: el caso de *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) en el Pacífico mexicano
Artemisa Medina López, Francisco Quiroz Figueroa, Apolinar Santamaría Miranda 157

Parte 8
ANÁLISIS DEL CULTIVO DE LARVAS Y JUVENILES

18. Alimento vivo para cultivo larvario de Lutjánidos
Ángel Humberto Rojo Cebreros 165
19. Consideraciones biológicas para la cría larvaria de pargos
Leonardo Ibarra Castro 185
20. Nutrición y alimentación de pargo en cultivo
Crisantema Hernández González 197
21. Obtención de carotenoides extraídos del subproducto de cabeza de camarón con potencial uso para la pigmentación de pargos rojos en cautiverio
María Laura Tejeda Miramontes, Apolinar Santamaría Miranda, Juan Pablo Apún Molina, Leonardo Ibarra Castro, Maribel Valdez Morales, Sergio Medina Godoy, Miguel Ángel Hurtado Oliva 207
- Sobre los autores* 215

Dedicatorias

A Dios, por darnos paciencia y perseverancia.

A nuestros padres y tíos: por sus enseñanzas, cariño y educación.

A nuestros hijos: Juan Pablo, Dante Rafael, Diego Oliver y David Marco, los motores y motivadores de nuestras vidas.

A nuestros maestros, quienes han sido los principales motivadores de nuestra labor educativa y de investigación.

A nuestros alumnos, quienes son parte fundamental y el mejor apoyo en nuestras investigaciones

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT, Proyecto CB-2011-01-166615) y al Instituto Politécnico Nacional (IPN) por los diferentes proyectos financiados a los autores del Instituto, a las diferentes instituciones de gobierno por los apoyos económicos otorgados a través de sus diversas convocatorias para financiamiento de proyectos de investigación.

A los pescadores ribereños en general, por su apoyo en la captura de los peces y sus enseñanzas y experiencias para hacer más fácil la labor en los diferentes estudios de campo.

A todo el personal de CIIDIR Sinaloa, Ciad-Mazatlán, CICESE, Cicimar, Cibnor: Académico, administrativo, de cómputo, mantenimiento, guardias e intendencia por su disponibilidad y apoyo brindado.

Finalmente, a todos nuestros colegas por sus aportes en los proyectos que sustentaron el presente libro y a todos aquellos con los que compartimos agradables momentos.

Presentación

La demanda de organismos acuícolas para consumo humano, tales como pescados, mariscos y sus derivados, es cada vez mayor debido a su calidad nutricional; la disminución de los rendimientos de las pesquerías han mostrado un estancamiento. Los Lutjánidos son peces objetivo de las pesquerías artesanales en los estados costeros de las zonas tropicales y subtropicales de México ya que son especies de gran demanda en el mercado y brindan grandes ingresos a los pescadores. Uno de los géneros de mayor importancia comercial perteneciente a esta familia, es el *Lutjanus* entre ellos las especies *Lutjanus peru*, *Lutjanus guttatus*, *Lutjanus argentiventris* y *Lutjanus colorado*. Se han sugerido que son especies con gran potencial en la acuicultura. El propósito del presente documento es aportar información sobre aspectos reproductivos, fisiología, hematología, calidad de agua en cultivo y variables ambientales que inciden en su población natural y salud de los pargos. Los cambios en las prácticas de manejo pesquero y contaminación del medioambiente pueden generar nuevos determinantes para la salud de las pesquerías. Es obvio que las condiciones señaladas afectan negativamente la conservación de algunas especies ícticas nativas como los pargos. Por lo expuesto anteriormente, es importante efectuar estudios de las especies ícticas primeramente de aquellas de importancia comercial, con el fin de establecer si las condiciones existentes alteran de alguna manera la salud de las especies de pargos y a partir de estos resultados se pueda establecer la vulnerabilidad de otras especies de importancia comercial y las que representan un alto valor biológico dentro del ecosistema.

Prólogo

La celebración en 2022 como el Año Internacional de la Pesca y la Acuicultura Artesanales fue la oportunidad ideal para reflexionar sobre el papel que juegan los pescadores, piscicultores y trabajadores de la pesca artesanal en pequeña escala y, con ello, desarrollar su contribución como productores de alimentos saludables, seguros y asequibles para una población que se incrementa año con año, para garantizar la seguridad alimentaria en México y lograr el Objetivo Sostenible de Hambre Cero.

Ante la demanda de proteína de origen animal de alta calidad, fuente de ácidos grasos omega-3 y micronutrientes biodisponibles esenciales, como pescado, y otros productos acuáticos, la producción de especies acuícolas ha resultado ser la actividad agroindustrial de mayor crecimiento a nivel mundial en las últimas décadas. Según los últimos datos publicados en el informe de 2022 de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), la contribución de la acuicultura a la producción mundial de animales acuáticos alcanzó un total de 49.2 % en 2020, la producción acuícola mundial alcanzó 122.6 millones de toneladas, con un valor total de 281 500 millones de dólares. Los animales acuáticos representaron 87.5 millones de toneladas. El desarrollo acuícola y la expansión de la pesca deben ir acompañados de prácticas sostenibles que salvaguarden nuestro medioambiente y la biodiversidad de nuestro planeta para las generaciones futuras, un reto esencial para atender la creciente demanda de alimentos acuáticos.

El porcentaje de poblaciones de peces que se encuentran en niveles biológicamente sostenibles descendió de 90 % en 1974 a 64.6 % en 2019, por lo que la *maricultura* contribuye a la mayoría de los esfuerzos internacionales por apoyar el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). La presente obra es el resultado del esfuerzo realizado por un grupo de expertos en diversas líneas de investigación científica y desarrollo tecnológico orientado en peces del género *Lutjanus* por un periodo de alrededor de dos décadas, en el que se plasman experiencias propias de sus editores y de otros autores. El libro abarca los aspectos más importantes en las condiciones ambientales, nutrientes y calidad de agua, morfofisiología, reproducción, análisis bioquímico, genética, cultivo larvario, nutrición y las estrategias de alimentación más adecuados para el cultivo de peces del género *Lutjanus*. Con certeza, toda esta información será de gran utilidad tanto para investigadores y estudiantes de pregrado y postgrado relacionados con la actividad acuícola de peces marinos, como para productores y técnicos de granjas piscícolas, quienes tendrán mejores bases técnicas y científicas para el manejo más adecuado en especies del género *Lutjanus*, para su producción, sobrevivencia, nutrición y la alimentación en sus unidades de producción piscícola.

Dr. Humberto Villareal Colmenares

PARTE 1

CONDICIONES AMBIENTALES PARA EL CULTIVO DE LUTJÁNIDOS

1. Influencia de El Niño 2015 en la biomasa fitoplanctónica en el noroeste del Pacífico mexicano

TERESA LETICIA ESPINOSA CARREÓN¹

APOLINAR SANTAMARÍA MIRANDA²

JUAN PABLO APÚN MOLINA³

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.151.01>

Introducción

El evento climático El Niño, se inicia en el Océano Pacífico Tropical, cerca de Australia e Indonesia. En condiciones normales o también llamadas condiciones no-Niño, los vientos alisios que soplan de este a oeste apilan una gran cantidad de agua y calor en la parte occidental de este océano, provocando que el nivel superficial del mar sea aproximadamente 0.5 m más alto en Indonesia que frente a las costas de Perú y Ecuador, además de que la temperatura superficial del mar tiene una diferencia de alrededor de 8 °C entre ambas zonas del Pacífico (Philander, 1990).

Las temperaturas frías que se presentan en América del Sur son resultado del ascenso de aguas subsuperficiales ricas en nutrientes que mantienen el ecosistema marino. En condiciones no-Niño las zonas relativamente húmedas y lluviosas se localizan al sureste asiático, mientras que en América del Sur es relativamente seco. En cambio, durante un evento de El Niño, los vientos alisios se debilitan o dejan de soplar, la máxima temperatura marina se desplaza hacia la corriente de Perú que es relativamente fría y la mínima temperatura marina se desplaza hacia el sureste asiático, provocando que aumente la presión atmosférica en esta zona y disminuya en América del Sur.

¹ Doctora en Ciencias. Especialidad Ecología Marina. Profesora investigadora, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0003-7757>

² Doctora en Ciencias Marinas y Costeras. Profesora Investigadora, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8335-1460>

³ Doctor en Ciencias en Biotecnología. Profesor investigador, Ciidir Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9006-8882>

El clima no es lo único que se ve afectado. Las aguas superficiales más cálidas en el Pacífico occidental ahuyentan a los peces de aguas frías en las que descansa la mayor parte de la industria pesquera de gran parte de Latinoamérica. Fue en esta región en donde los pescadores notaron por primera vez el fenómeno y lo nombraron *El Niño* porque ocurría cerca de Navidad.

Entre los eventos El Niño más fuertes e intensos resaltan los de 1997-1998 y el de 2014-2015. De acuerdo con Lynn *et al.* (1998) la influencia del primero fue evidente desde inicios del verano de 1997 hasta finales de verano de 1998, el Pacífico nororiental mexicano fue afectado por grandes y rápidos cambios de forzamientos atmosféricos manifestándose en el ambiente pelágico. Leising *et al.* (2015) reportan un cese de las surgencias costeras y en muchos lugares, la presencia de agua cálida inusual. Esta alberca cálida se reportó en otoño de 2013 fuera del golfo de Alaska, bautizada como “burbuja” (“The Blob” en inglés).

Por lo general, con la presencia de un evento El Niño, la estructura de la columna de agua cambia y se presenta un hundimiento de la termoclina, un incremento en la temperatura superficial del mar, una disminución de la biomasa fitoplactónica (Chávez *et al.*, 2002) y de la productividad primaria; por lo tanto, una reducción en la transferencia de energía hacia los niveles superiores de la trama alimenticia (Kahru *et al.*, 2004), manifestándose en un cambio en la estructura trófica. Los efectos de los eventos El Niño pueden ser monitoreados mediante el uso de imágenes de satélite, la concentración de clorofila es un estimador de la biomasa fitoplactónica. Cabe mencionar que los sensores remotos proporcionan información de los pigmentos fotosintéticos de aproximadamente 22 % de la zona eufótica (Kirk, 1994).

El objetivo de este trabajo fue conocer el efecto del evento El Niño 2015 en la biomasa fitoplactónica; y para hacer más evidente dicho efecto, se presentan las imágenes de satélite de clorofila en dos secciones, la primera en la entrada del golfo de California en mayo de 1998 y mayo de 2015, y la segunda frente a los estados de Colima y Jalisco en las mismas fechas.

Discusión y conclusiones

En la boca del golfo de California, en mayo de 1998 se observó en la mayor parte del área, una concentración de clorofila superior a 0.7 mg m^{-3} . En las zonas costeras de Baja California Sur y Sinaloa se estimó una concentración superior a 1.7 mg m^{-3} . En mayo de 2015 se apreció en la zona costera de Sinaloa una disminución de la extensión de altos valores de clorofila, además de los valores bajos de clorofila ($< 0.3 \text{ mg m}^{-3}$) en la boca y en la parte su-reste del área de estudio.

En las costas de Jalisco, durante mayo de 1998, es evidente una considerable extensión de concentración de clorofila superior a 1.5 mg m^{-3} . En mayo de 2015, la extensión de la alta concentración de clorofila disminuyó replegándose en una estrecha franja costera.

De acuerdo con la distribución espacial de clorofila registrada en las dos zonas y en los dos años, la respuesta del fitoplancton fue más fuerte durante El Niño 2015, es decir, a pesar de presentarse los dos eventos El Niño, en 2015 se notó una considerable disminución de la concentración de clorofila en ambas zonas. La influencia de los forzamientos físicos remotos y locales, va a determinar la cantidad de fitoplancton que pueda ser considerado como alimento potencial y a su vez en la transferencia de energía, como es el caso de la región de la boca del golfo de California como la de Jalisco, que están determinadas por el forzamiento que ejerce el Océano Pacífico sobre las zonas (Torres-Orozco, 1993).

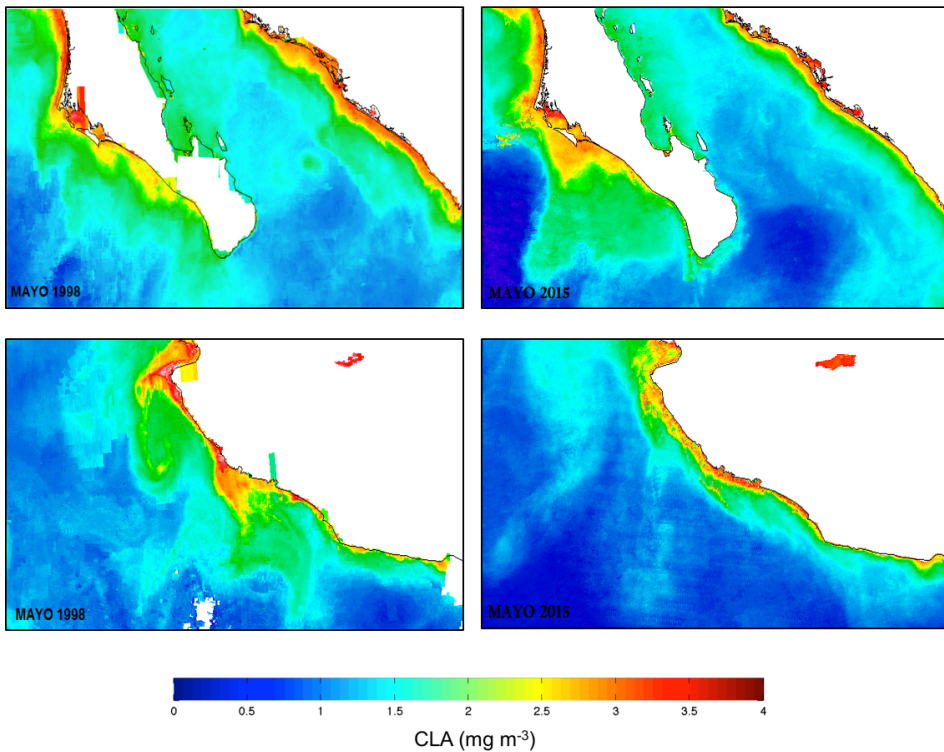
El índice climático Multivariate ENSO Index (MEI), permite monitorear los efectos de El Niño, ya que refleja el acoplamiento del sistema océano-atmósfera. El MEI (datos no mostrados) indica que en ambos eventos El Niño se consideran entre los más intensos, sin embargo, las respuestas de las poblaciones varían de año a año y de lugar a lugar.

De acuerdo con Espinosa-Carreón y Valdez-Holguín (2007), la boca del golfo de California en 1997-1998 presentó una disminución en la concentración de clorofila asociada al evento El Niño 1997-1998. Los resultados en ambas zonas sugieren que los efectos de El Niño en la biomasa fitoplanc-tónica fueron mayores en mayo de 2015.

Sin embargo, es importante considerar que las imágenes de clorofila solo representan la primera profundidad óptica, suponiendo que la concentración

de clorofila es continua a lo largo de la columna de agua, pero no lo es, Espinosa-Carreón *et al.* (2012) demostraron que en ocasiones la concentración de clorofila superficial es baja y se presenta un máximo subsuperficial con concentraciones superiores a 0.7 mg m^{-3} . Por lo anterior, es importante conocer la distribución vertical de clorofila en ambas zonas y en ambos años para determinar si efectivamente los efectos de El Niño 2015 arrojaron una disminución en la concentración de clorofila (Figura 1).

FIGURA 1. Concentración de clorofila superficial mayo 1998 y 2015 en dos zonas; entrada del golfo de California y la segunda frente a los estados de Colima y Jalisco.



Agradecimientos

Al Dr. Mati Kahru de la Universidad de San Diego SCRIPPS La Joya, USA por proporcionarnos las imágenes de satélite. A los proyectos SIP20170983 y SIP20180274 por el apoyo financiero.

Referencias

- Chávez, F.P., Pennington, J.T., Castro, C.G., Ryan, J.P., Michisaki R.P., Schlining, B., Walz, P., Buck, K.R., McPhaden, A., y Collins, C.A. (2002). Biological and chemical consequences of the 1997-1998 El Niño in central California waters. *Progress in Oceanography*. 54: 205-232.
- Espinosa-Carreón, T.L., y Valdez-Holguín, J.E. (2007). Gulf of California interannual chlorophyll variability. *Ecología Aplicada*, 6(1,2): 83-92.
- Espinosa-Carreón, T.L., Gaxiola-Castro, G., Beier, E., StrubP.T., y Kurczyn, A. (2012). Effects of mesoscale processes on phytoplankton chlorophyll of Baja California. *Journal of Geophysical Research*, 117, C04005. doi:10.1029/2011JC007604. 12p. ISSN: 2169-9291. Issue C4.
- Kahru, M., Marinone, S.G., Lluch-Cota, S.E., Parés-Sierra, A., y Mitchell, G. (2004). Ocean color variability in the Gulf of California: scales from the El Niño. –La Niña cycle to tides. *Deep Sea Research II*. 51: 139.–146.
- Kirk, J.T.O. (1994). *Light and photosynthesis in aquatic ecosystems*. Cambridge University Press, New York.
- Leising, A., Schroeder, I.A., Bograd, S, Abell, J., Durazo, R., Gaxiola-Castro, G., Peterson, W., y Brodoeur, R. (2015). State of the California Current 2014-2015: Impacts of the warm water “blob”. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports*. 56: 31-68.
- Lynn, R.J., Baumgartner, T.R., García-Córdova, J., Collins, C., Hayward, T., Hyrenbach, D., Mantyla, A., Murphree, T., Shankle, A., Schwing, F., Sakuma, K. y Tegner, M. (1998). The State of California Current, 1997-1998: Transition to El Niño conditions. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports*. 39: 25-49.
- Torres-Orozco, E. (1993). Análisis volumétrico de las masas de agua del Golfo de California. Tesis de Maestría. CICESE. 102 p.
- Philander, S.G. (1990). *El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation*. Academic Press, 293 pp.

2. Frentes de agua marina y continental para el desarrollo alterno del cultivo de pargos y distintas especies marinas

MARIANO NORZAGARAY CAMPOS¹
NORMA PATRICIA MUÑOZ SEVILLA²
OMAR LLANES CÁRDENAS³

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.151.02>

Introducción

La sal disuelta total (TDS) en el agua es variable, como salobre o salada (w_{SS}) se origina principalmente a lo largo de zonas costeras, donde las sales del mar se enfrentan a las descargas de los flujos de acuíferos (locales, intermedios y regionales). Si la precipitación (P) es baja y la evapotranspiración (ETP) alta, w_{SS} tiende a producirse con mayor facilidad. En donde el promedio anual de $ETP > P$, la sensibilidad de que w_{SS} se presente en el subsuelo es alta, situación que prevalece en climas preferentemente áridos o semiáridos. Estas condiciones meteorológicas, ante los nuevos eventos climáticos que afectan a gran parte del mundo, junto con las actividades antropogénicas, han provocado la pérdida en años de la estabilidad estructural de los suelos costeros en los climas áridos y semiáridos del noroeste de México; lugar donde se encuentran las áreas más importantes para la productividad de interés nacional e internacional (Pulido, 2014). Es por ello por lo que se deben buscar nuevas alternativas que combinen las actividades del uso del suelo que sustenten la seguridad alimenticia, pero que a la vez se permita la recuperación de los suelos que perdieron sus propiedades de ser cultivables. La descarga y recarga de aguas subterráneas submarinas (RSA)

¹ Doctor en Ciencias Marinas. Profesor investigador, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6911-7392>

² Doctora en Oceanografía Biológica. Profesora investigadora CIEMAD, Instituto Politécnico Nacional, México: <http://orcid.org/0000-0002-2863-3323>

³ Doctor en Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales. Profesor investigador. CIIDIR: Unidad Sinaloa. Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8362-7607>

que incluye todo flujo de agua en los márgenes continentales, incluyendo a las descargas de agua subterránea al mar y a la que entra subterráneamente por marismas al continente y retorna reciclada al mar (Taniguchi *et al.*, 2002; Burnett *et al.*, 2003; Santos *et al.*, 2012); puede ser un problema de contaminación para el subsuelo. Sin embargo, con los manejos adecuados y el conocimiento de la Geohidrología, muchos sistemas RSA actuales en el mundo, podrían dilucidar condiciones óptimas para el cultivo o adaptación de especies marinas que tienen un potencial de crecimiento y producción a corto, mediano y largo plazo. Por mencionar algunas de interés comercial: los pargos, tilapias, truchas, camarones entre otras. Un desarrollo de esta índole es útil para el consumo local, así como para generar un potencial de divisas por la exportación de especies de peces de w_{SS} que tienen un alto valor económico; estos sistemas podrían ser una alternativa de cultivo favorable (FITC, 2004). En México existen cinco regiones costeras que por su porosidad subterránea y las características físicas del agua, han sido identificadas como las de más alta susceptibilidad para que w_{SS} penetre. Una de estas es la zona del noroeste de México, en el valle de Hermosillo, Sonora; donde se han identificado tres frentes marinos migrando hacia el continente con una dirección hacia el centro del acuífero donde históricamente se ha concentrado el bombeo de agua (Monreal *et al.*, 2001). Otro ejemplo similar es en el Valle de Guasave, Sinaloa, con los cuatro frentes marinos, que al igual se dirigen hacia el centro del Valle donde históricamente, desde la “Revolución Verde” de los sesenta, también se concentró la mayor explotación por bombeo del agua.

Apertura del golfo de California, comportamiento hidráulico y potencial acuícola. Por la formación geológica parecida en los Valles de la parte continental del golfo existe desde el Pleistoceno tardío, un producto de los procesos tectónicos que dieron origen a la apertura del golfo de California, que dieron lugar a las entradas de estuarios salobres donde los pargos juveniles tienden a procrearse y, al tener en su mayoría estos cuerpos de agua un parecido entre sí, se puede pensar por sus comportamientos hidráulicos parecidos, preferentemente, desde el Valle de Empalme en Sonora hasta el de Culiacán en Sinaloa que son lugares propicios para ejercer actividades acuícolas de agua salobre considerando sobre todo la necesidad que toma en cuenta el Centro de Información Tecnológica Pesquera (2004) este men-

ciona que no se espera que se incrementen sustancialmente los rendimientos de las capturas pesqueras, y ha enfatizado la capacidad del sector acuícola para aportar cantidades mayores de pescado y mariscos para satisfacer la creciente demanda. Es por ello que mediante un reconocimiento Geohidrológico de los sistemas RSA que permita determinar propiedades físicas y químicas ideales se propongan estos para el cultivo de especies de agua w_{SS} ; estos sitios pueden ser una alternativa económica sustentable que ayudaría a limpiar al suelo y hacer que la intrusión salina retroceda en los Valles salinos de México. Así, dar paso a una combinación agricultura-acuicultura. Un caso de éxito reciente de un sistema RSA, es el reportado por Wang *et al.*, (2015) en la bahía de Sanggou en China, el cual, mediante una caracterización geohidrológica positiva para el cultivo de especies de agua w_{SS} ; han logrado cultivar especies de algas, ostiones, camarones y ostras. En Australia, en Wakool al sudoeste New South Gales; Stewart *et al.* (2001) lograron encontrar, de manera experimental la mezcla entre aguas marinas y subterráneas w_{SS} fortificadas porcentualmente ya sea con cloruro de Potasio (KCl) o cloruro de sodio (NaCl) para cultivar en estanques pargos jóvenes (*Pagrus auratus* Forster, 1801). Por lo que conocer las propiedades de los RSA de México, puede ser una alternativa para adaptar a cultivos especies de w_{SS} .

Desarrollo económico de actividad agrícola-acuícola. En México, ante la escasez de agua de calidad para la agricultura, y debido al salitre de las tierras de algunos valles, los agricultores empiezan a querer aprovechar los recursos del agua subterránea w_{SS} para complementar sus actividades con el cultivo de especies marinas. En el estado de Baja California, en el valle de Mexicali en zonas rurales desérticas y lejos de la costa (40 a 60 km) actualmente algunos agricultores empiezan a cultivar con w_{SS} camarón y tilapia (Giffard *et al.*, 2014). Ante la importancia del desarrollo económico y el generar alimentos de alto valor nutricional, es importante iniciar las actividades que permitan conocer los RSA e identificar cuáles son los propicios para ejercer los cultivos con w_{SS} , o bien cuáles son los que por su composición podrían adaptarse al cultivo de algunas especies. Por eso, el objetivo de esta investigación es conocer la extensión, la geometría y la concentración de TDS, Cl y Na en un sistema RSA de uno de los valles agrícolas más importantes del noroeste de México (Valle de Guasave). Ante la respuesta que como materia tiene w_{SS} , se utilizaron herramientas Geofísicas, de

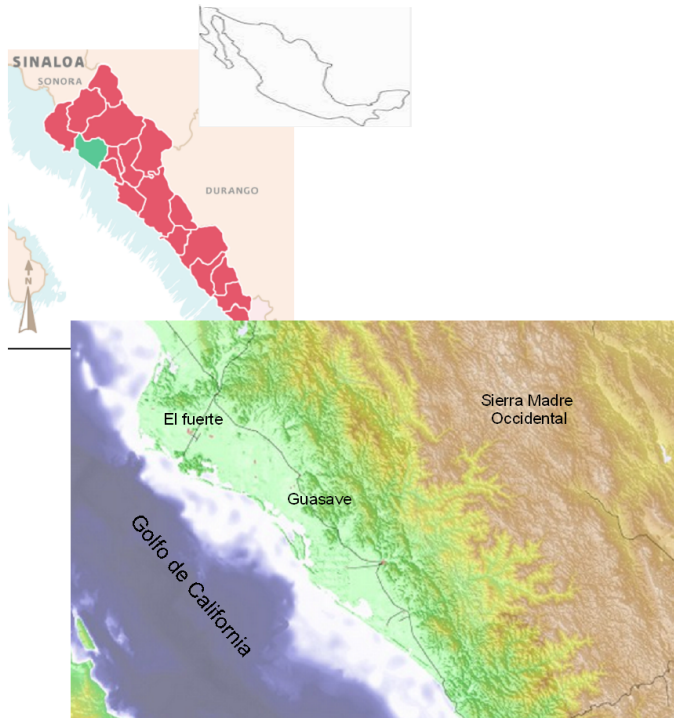
percepción remota, geohidrológicas, petrográficas y espectrofotométricas para definir los alcances del objetivo planteado. Actualmente los sistemas RSA son reconocidos mundialmente como uno de los procesos más importantes y característicos de las interacciones tierra-mar en las zonas costeras (LOICZ) (Moore) y pueden ser un medio para asegurar la calidad en términos de exposición a enfermedades, metales pesados, contaminantes que contribuyen mediante el cultivo de especies de agua Wss a la preservación de las poblaciones silvestres de peces y mariscos.

Se selecciona un sistema RSA del noroeste de México en un territorio con la mayor producción agrícola del país, diversas condiciones hídricas y extensas llanuras costeras de típicos periodos de lluvias que ocurren de julio a septiembre. Los afluentes principales como el río Sinaloa, Fuerte y Mocorito nacen en el estado de Chihuahua bajo la unión de diversas corrientes como las de Mohinora y Basoapa, (INFDM, 2005); estas recorren aproximadamente 380 km, para unirse finalmente al golfo de California con un caudal promedio anual (Q) aproximado y respectivamente de 700 a 2 240 m³s⁻¹. Específicamente en el Valle de Guasave, también llamado “El Corazón agrícola de México” junto con el río Sinaloa existen otros tres importantes afluentes secundarios: arroyo De Cabrera, De Ocoroni y De San Rafael que con rangos respectivos de caudales de 18 a 25, de 12.3 a 15.2 y de 125 a 150 m³s⁻¹ sus descargas las destinan al río Sinaloa (Figura 1).

Metodología geofísica: magnetometría y geoelectrónica. A través de herramientas geofísicas como la magnetometría y la geoelectrónica e imágenes de satélite, se definieron los límites de algunas de las propiedades físicas y químicas del agua subterránea y del subsuelo. Estas propiedades mediante sus magnitudes fungieron como indicadores de la calidad para la adaptación o para realizar cultivos de especies de agua Wss. Los parámetros medidos en el RSA fueron: inducción magnética (B) medida en nanoteslas (nT) provocada por la intensidad del campo magnético terrestre (H) calculado en amperes por unidades de área (A/m²); la resistividad aparente del subsuelo (ρ_a) en ohms-metro (Ω -m) provocada por las condiciones naturales del subsuelo saturado con agua Wss ante una corriente (C) artificial directa (CD) que fue inducida al subsuelo y medida en miliamperios (mA), la concentración del ion sodio (Na⁻) y el catión cloruro (Cl⁺) en mg/l en el agua subterránea, espacio poroso de los suelos o porosidad (Φ_t) y textura (Tx)

del subsuelo (% limos, % arenas y % arcillas) en forma porcentual (%), nivel de pH y temperatura del agua (T_w) en grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$), conductividad eléctrica (C_e) en milisiemens por centímetro (mS/cm) y sólidos totales disueltos (SDT) en mg/l . Para la variación espacial de B, se realizó un levantamiento de campo con dos magnetómetros de precesión protónica de la marca Geometrix modelo G-9; uno sirvió como estación remota y otro como estación base útil, esta última en la corrección secular de B.

FIGURA 1. Sistema RSA del noroeste de México en el territorio con la mayor producción agrícola del país, diversas condiciones hídricas y extensas llanuras costeras con entradas marinas propicias para la acuicultura de peces marinos.



Las lecturas de campo magnético fueron en uno de los RSA localizadas en este trabajo, mismas que fueron localizadas a través de varios procesos en falso color de una imagen del nuevo satélite OLI Landsat. La georreferenciación de las imágenes procesadas fue en coordenadas UTM-WGS84 se apoyó en los paths. En cuanto a las áreas ocupadas por los RSA, fueron

identificadas en el sensor OLI a una resolución radiométrica de 12 bits; las imágenes procedas fueron combinadas en distintos falsos colores hasta localizar la combinación ideal que permitiera la valoración exacta de los sistemas RSA. Todas las muestras, tanto de campo magnético y suelo, fueron tomadas a cada 500 m hasta sumar un total de 1300 sitios estudiados. Durante los trayectos para la toma de muestras cada estación fue geoposicionada en coordenadas UTM-WGS84 con un GPS de la marca Garmin Olathe de 8 canales y compensadas con respecto al IGRF local. Con el programa SURFER 10.0 se realizó una interpolación para obtener las curvas equipotenciales y un mapa de la variación espacial promedio del campo B, resultante de la influencia de H y ante la presencia de distintas concentraciones de cloruro de sodio (NaCl). Las anomalías de baja intensidad de B se asociaron en la formación geológica a la presencia de altas concentraciones de NaCl y las altas a la posible presencia de metales pesados en el RSA. En estos sitios validados con el campo B y las imágenes satelitales se aplicaron métodos geoelectricos que permitieron la evaluación cualitativa de la salinidad del agua, considerando patrones de formaciones de ρ_a conocida; en cada anomalía de baja intensidad de B se aplicó con una fuente de poder de 5000 watts; para un Sondeo Eléctrico Vertical (SEV) en la modalidad Schlumberger. Las aperturas máximas de cada SEV fueron $AB/2=150$ m y para $MN/2=20$ m. La variación de las distancias $AB/2$ usadas en campo; 2, 3, 4, 6, 8, 10, 16, 25, 32, 40, 65, 100 y 150 y para $MN/2$ de 0.5, 5, 10 y 20 m. No obstante de que ρ_a por el contenido de agua en el subsuelo puede presentar rangos muy parecidos en materiales de distinta composición, y que de un lugar a otro este mismo material puede presentar distinto valor de ρ_a , sobre todo si se tiene en cuenta la salinidad del agua; además de que no existe una alta posibilidad de relacionar directamente un valor de resistividad con una determinada e inequívoca litología o contenido de agua en la misma; se establecieron relaciones entre ρ_a y Φ_t , e incluso con la conductividad hidráulica (κ), para definir el potencial de estos RSA para escenarios acuícolas identificando así valores en los que algunas de las especies prefieren para su desarrollo ideal.

La interpretación de los SEV fue en dos niveles: uno, con un modelado matemático en el que se asemejaron con el programa IPIWIN las combinaciones de los valores de la curva de ρ_a de campo, así como; la definición de

las geometrías y salinidades de las masas del subsuelo; y dos, la asociación de p_a con respecto a los modelos geológicos obtenidos de los pozos. Juntos, los modelos matemáticos y geológicos produjeron una interpretación física o real (ρ_r) con una correlación definida con un $\text{rms} < 10\%$.

Proceso de imágenes de satélite. El proceso de las distintas imágenes fue mediante el programa IDRISI “*the selve edition*” 17.0 y la mayoría de los detalles finales fueron tratados en el paquete de cómputo CorelDRAW X6 y algunos en SURFER 10.0. De los RSA localizados, por lo costoso que resulta el valorar estos ecosistemas, se consideró seleccionar uno de los más importantes cercanos a los sitios de alta población y con actividad agrícola, de tal forma que ante los riesgos potenciales que pudiera presentar su escenario ante la contaminación, al ser valorado sirviera como un patrón de comportamiento para futuros estudios del resto de los RSA aquí localizados.

Indicadores de la calidad de los sedimentos. Para obtener los parámetros indicadores de la calidad de los sedimentos del RSA seleccionado se coleccionaron muestras de suelos que fueron trasladadas a laboratorio. En cuanto a la calidad del agua del subsuelo identificada con una calibración de los métodos geoelectrónicos por el valor de p_a , se perforaron 8 pozos a una profundidad de 40 m. En cada pozo se colectó metro a metro una muestra de suelo y otra de agua; para determinar en los suelos el porcentaje de Φ_t y T_x ; y en el agua medir *in situ* con un potenciómetro de la marca HANNA Instruments modelo HI9813-6 los niveles de pH , T_w , C_e y SDT indicando así diferencias entre los sedimentos y suelos superficiales y profundos del RSA estudiado. Los suelos, para su análisis, fueron trasladados a laboratorio en bolsas de plástico etiquetadas con sus correspondientes datos de identificación. La determinación de Φ_t con la densidad aparente (δ_a) y la densidad real (δ_r); la δ_r se obtuvo de manera indirecta por el método del picnómetro y δ_a bajo un parafinado de suelos y el principio de Arquímedes. Los cálculos de Φ_t de manera porcentual se elaboraron bajo la expresión $\Phi_t (\%) = [(\delta_r - \delta_a) / \delta_r] \cdot 100$ (Edwing, 2006; Thomson y Troeh, 2002). En la interpretación de los resultados de Φ_t se consideró que a menor δ_a mayor Φ_t , es decir, se trata de un suelo menos compacto, por lo tanto, $\delta_a = 1 / \Phi_t$; al igual que el valor de δ_a es una función de T_x y T_w . Para determinar $T_x (\%)$ se utilizó el método de Bouyocous modificado —dispersión de partículas

con etafosfato de sodio (NaPO_3), agitar y lectura con hidrómetro— y la ley de Stokes, según la cantidad y tipo de partícula presentes por la velocidad que caen fuera de suspensión con base a su tamaño (Gabriels y Lobo, 2014).

Determinación de la concentración de sodio y cloruros. Para determinar la concentración de Cl y Na, a la profundidad de 15 m se colectó en los 12 pozos una muestra de agua en un frasco de polietileno, de un litro de alta densidad y hermético al cerrar, previamente ambientado con la muestra de interés. Las muestras para su traslado y análisis inmediato a laboratorio estabilizadas a un $\text{pH} < 2$ con ácido nítrico. La concentración se determinó mediante un espectrofotómetro de emisión con flama de la marca Thermo Electron modelo Solar S-2 (APHA, 1992; Castro y Huertas, 1996). En el análisis se consideró un calibrado de patrones a distintas concentraciones. Considerando que los átomos de Na, pueden emitir energía electromagnética a una longitud de onda (λ) de 589 nm. En el análisis se consideró un calibrado de patrones a distintas disoluciones (Dd) y concentraciones de 0.5, 1, 2, 3 y 4 ppm y una dilución blanco patrón (sin Na). Para la certeza de que a la energía de excitación $\lambda = 589$ solo proviniese de átomos de Na, antes de las lecturas de las señales de respuesta (Ls) ante Dd, se adicionó a las disoluciones una concentración optima de cloruro de potasio (KCl) previamente obtenida. El contenido de Na en mg/l se determinó mediante la curva de calibración resultante de graficar Dd vs. Ls. La concentración en mg/l del Cl se realizó de dos maneras: por el método de volumetría de precipitación de Mohr y el método de titulación por plata de Volhard (APHA, 1992; Skoog y West, 1995). Para la comparación por pares de las concentraciones obtenidas por los métodos Mohr y Volh se aplicó una ANDEVA de una vía con un factor.

Asociación e indicadores de parámetros con potenciales acuícolas. El potencial acuícola se definió mediante los resultados de los análisis físico-químicos de las aguas y parámetros petrográficos de los suelos; estimaron los probables comportamientos mecánicos del RSA; y las magnitudes de pr y B fueron patrones que definieron la variación espacial de la salinidad en la formación geológica, la cartografía de horizontes del subsuelo, posición del nivel freático, tipos de litologías y geometría del RSA para ser asociados a los sitios de mayor potencial acuícola.

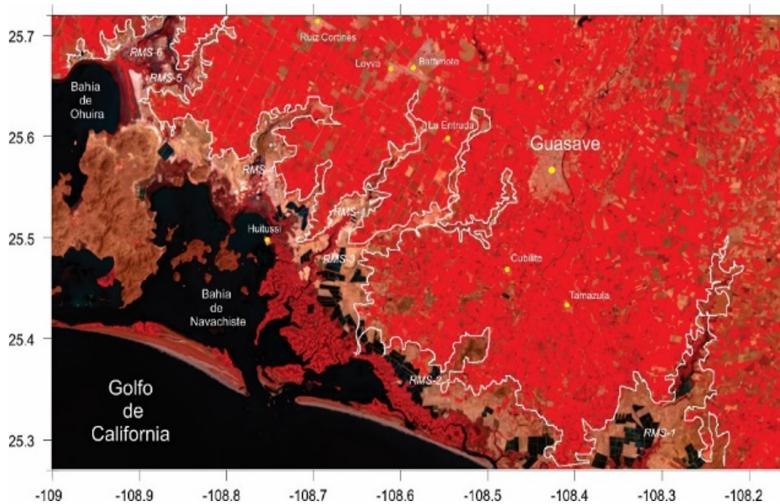
Resultados y discusiones

La densidad aparente varió de acuerdo con el estado de depósito de la materia disuelta en el suelo y el tipo de agregación en las cercanías del RSA. El contenido de agua y la proporción del volumen ocupado por los espacios intersticiales se comportaron espacialmente influenciados por una porosidad que va de 10 a 30 %. Esta porosidad fue indicadora de la presencia de espacios vacíos en el fondo y lateralidades del RSA donde los peces pueden habitar para su reproducción estacional. Los primeros resultados de estos experimentos indican que, al inicio del periodo reproductivo, la longitud total de las larvas fue mayor en un cultivo a 24 grados centígrados de temperatura, que, en condiciones de 22, 28 y 30 grados, demuestra que la temperatura influye en la velocidad y eficiencia del aprovechamiento de las reservas de nutrientes. Las tareas de investigación que realiza el INAPESCA para impulsar la producción de alimentos provenientes del mar son acordes con los objetivos especificados en el Plan Nacional de Desarrollo del Gobierno Federal, en el sentido de incrementar la productividad del sector agropecuario y pesquero del país.

La calidad del agua superficial presentó un ligero deterioro en cuanto a la presencia de metales que provienen de la zona agrícola pero no se manifestó como un escenario continuo en todo el RSA estudiado, sino solo en aquellas zonas cercanas a los sitios de mayor agricultura. Lo anterior se atribuyó a que los metales, por su peso atómico elevado, tienden a ser depositados en los fondos de los estuarios por lo que no manifestaron un transporte de solutos con cambios espaciales a grandes distancias. Dado que las zonas agrícolas fueron variadas, la disolución de los desechos de los productos agrícolas disueltos en el agua también lo fueron. La calidad del agua para los cultivos mejora conforme se aleja de la zona agrícola y existe una cercanía hacia la zona costera. Esta situación paralelamente prevalece con cambios tendientes a disminuir en la salinidad. La densidad aparente indicadora de la porosidad total del piso y lateralidades del RSA definió valores que van de 1.25 a 2.75 gr/cm³ lo que viene a confirmar que en realidad existen distintas porosidades en el subsuelo que permiten la aireación del sistema confirmando la posibilidad de la presencia del oxígeno disuelto

arriba, desde la superficie del RSA, y por debajo del piso de manera continua, cuya situación es ideal para el cultivo de distintas especies. Por lo que, los sistemas de intrusión marina resultantes en el proceso de las imágenes se enumeraron de derecha a izquierda del 1 al 6 (Fig. 2).

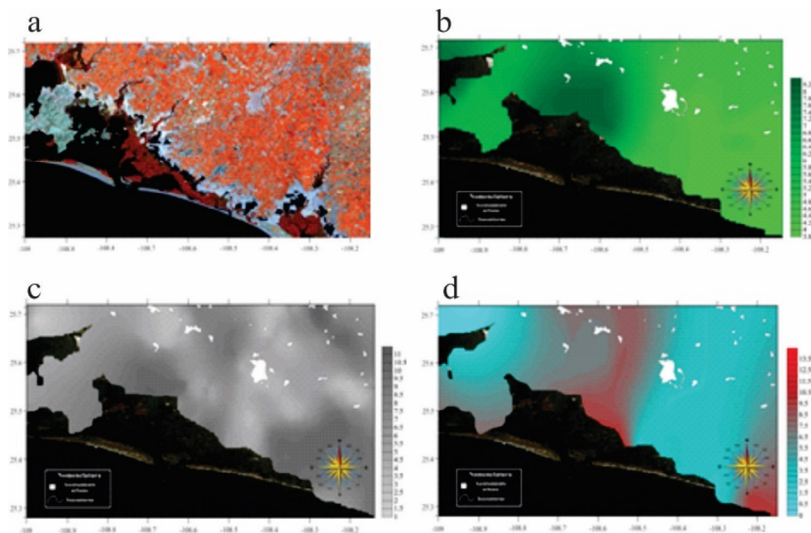
FIGURA 2. Proceso en falso color de la imagen de la zona de estudio del sensor o del nuevo satélite LandSat 8-LDCM combinado las bandas 5, 4 y 3; correspondientes (5) al Infrarrojo cercano (NIR) con λ de 0.85 - 0.88 nm; (4) rojo con λ de 0.64 - 0.67 nm y (3) verde con λ de 0.53 - 0.59; a una resolución radiométrica de 12 bits.



No obstante de que el proceso de las imágenes identifica el total de las granjas camaroneras actuales y otros rasgos interesantes, en este trabajo solo se abocó a los procesos de intrusión e invasión salina tierra adentro cuyos resultados fueron corroborados *in situ* mediante diferentes campañas de campo. Debido a que dos de los indicadores químicos de salinidad de carácter global del suelo utilizados para la caracterización y el diagnóstico para sitios con potencial de cultivo de peces tales como la relación salinidad con la conductividad eléctrica (C.E.) ($> 4.0 \text{ ms cm}^{-1}$), y un correcto pH (< 7.5) (Mueller *et al.*, 2004; Shukla *et al.*, 2004; Kochba *et al.*, 2004) y en cuanto a indicadores físicos uno de los más importantes es la textura (Ippolito *et al.*, 2005). En este estudio se pueden asociar los resultados de salinidad del satélite con algunas mediciones *in situ* de C.E. que oscilan de 4.5 a

9.5 ms cm^{-1} cercanos a la costa en el valle del Fuerte y valle de Guasave, y la textura de suelos de tipo textural migajón arenoso que se presentaron en la zona costera de los mismos valles con un pH menor a 8.5 característico de suelos salinos (Figuras 3a, 3b, 3c y 3d).

FIGURA 3. (a y b) Asociación de la salinidad satelital con algunas mediciones *in situ* de C.E. que oscilan de 4.5 a 9.5 ms cm^{-1} cercanos a la costa en el valle del Fuerte y valle de Guasave, y la textura de suelos de tipo textural migajón arenoso que se presentaron en la zona costera del valle de Guasave y valle del Fuerte (a y c) con un pH menor a 8.5 característico de suelos salinos (a y d).



Los resultados de la figura 3 provienen de establecer distintas imágenes con combinaciones de bandas en falso color al azar; por mencionar una, las bandas combinadas 5, 4 y 3; correspondientes (5) al infrarrojo cercano (NIR) con λ de 0.85 - 0.88 nm; (4) rojo con λ de 0.64 - 0.67 nm y (3) verde con λ de 0.53 - 0.59; todas con una resolución de 30 m (USGS, 2013). Además, se correlacionaron las imágenes de satélite con indicadores medidos *in situ* como pH, textura del suelo y conductividad eléctrica.

Por otra parte, la densidad aparente que es afectada por la porosidad e influye en la elasticidad, conductividad eléctrica, conductividad térmica, en la capacidad calorífica a volumen constante y en la dureza del agua es la que se recomienda como medición clave en los futuros cultivos de peces que se

pudieran realizar en estos RSA que sea la densidad aparente del suelo la considerada en las elecciones de los sitios ideales para realizar los cultivos. Adicionalmente, como breviario cultural, los datos observados en este trabajo se pueden volver a tratar con otras bandas y analizar otras problemáticas ambientales según el control de calidad que se requiera a la nueva banda con cada producto y datos generados. Esto proporciona información más detallada sobre la presencia de características tales como nubes, agua y nieve.

En el caso del agua en la imagen de la figura 3, esta característica se observa mediante el tono negro. Con el nuevo programa de la plataforma para OLI y TIRS en este trabajo los resultados fueron mejorados ante cualquier otra información previa por lo que, con estos avances tecnológicos, se pueden recopilar y archivar datos de bandas multispectrales y térmicas de cada superficie de los valles de México, cada temporada de cada año, y una resolución que puede distinguir un área del tamaño de un campo de beisbol. Es garantía que los resultados que aquí se presentan, en cuanto a la geometría de adquisición, calibración, características de cobertura, espectral y espacial sobre las características estudiadas del suelo, son más consistentes que los datos de las misiones Landsat anteriores.

Por otra parte, los niveles de pH , T_w , C_e y SDT indican diferencias entre los sedimentos y suelos superficiales y profundos del RSA ideales para los cultivos en distintas zonas que adjunto a la temperatura media anual, que va de 22 a 28 °C, puede ser ideal para la incubación de varios peces y en algunos casos puede acelerar el proceso de crecimiento lo cual paralelamente ayuda a desarrollar recursos acuícolas marinos buscados en la pesca ribereña del Pacífico mexicano, donde algunas especies como el Pargo alcanzan un alto precio comercial, tanto en el mercado regional y nacional, como en el internacional. Lo anterior, aunado a la preferencia por el consumo de estos peces, y la misma actividad pesquera durante todo el año, ayudaría a propiciar un aumento de este tipo de especies que por su consumo se ha propiciado disminución en el volumen productivo, por lo que estudios de esta naturaleza contribuyen a impulsar su producción mediante la acuicultura para recuperar los niveles de disponibilidad.

Agradecimientos

Expreso mi agradecimiento a la Secretaría de Investigación y Posgrado (SIP) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), por su apoyo incondicional en el proyecto multidisciplinario intitulado campos físicos (inducción magnética, eléctrico y magnético) en la identificación del comportamiento y la detección de ambientes idóneos para la reproducción de especies en el alto golfo de California; ya que sin estas varias de las actividades de este escrito no habrían sido realizadas. Un especial agradecimiento a los estudiantes de maestría de Ingeniería Ambiental por el apoyo en el proceso de las bandas espectrales, la búsqueda de la mejor resolución en los mapas que aquí se presentan y los recorridos de campo.

Referencias

- De la Peña, I. (1993). Problemas de salinidad y drenaje en México. Documento de circulación interna. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Gerencia Regional en el Noroeste, Subgerencia de Riego y Drenaje, Cd. Obregón, Sonora. 250 pp.
- Eros. (2012). Landsat data continuity mission (Ldcm) mission data. Data format control book (dfcb) Ver. 6. U.S. Geological Survey. USA.
- Grossman, R.B. y Reinsch, T. G. (2003). Bulk density and linear extensibility. En: Methods of soil analysis. Part 1. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI. p. 201-254.
- Labrador, G.M; Évora, B. J y Arbelo, P. M. (2012). Satélites de Teledetección para la Gestión del territorio. Dirección General de Agricultura y Desarrollo Rural. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Aguas del Gobierno de Canarias. 64 pp.
- Pulido, M.L, Wiegand C.L, Zavaleta C.R y Neck S. (1997). Imágenes de satélite para identificar la salinidad del suelo en los distritos de riego. Terra, 15(2): 201-210.
- Pulido, M.L., Wiegand C.L, Meraz J.G, Robles D.B, Cisneros O.X y Ramírez O.L (2003). La salinidad del suelo y su efecto en el rendimiento de los cultivos estudiados con imágenes de satélite en tres distritos de riego. Ingeniería Hidráulica en México, 18(1):83-97.
- Pulido, M.L., J.M Delgado y R.H. Saucedo (2014). Salinidad de suelos, drenaje agrícola, producción de cosechas y cambio climático en los distritos de riego. XXIII Congreso Nacional de Hidráulica. Puerto Vallarta, Jalisco, México.
- Pulido, M.L; Meraz J.G y Pulido M.V. (2009). Metodología para el diagnóstico, manejo y

control de la salinidad, aplicada en el Distrito de Riego 038 Río Mayo, Sonora, México. *Ingeniería Hidráulica en México*, 24(1): 55-72.

Edwin, R. (2006). "Principles And Practice Of Soil Science: The Soil as a Natural Resource" Blackwel Ed. 4º edición. (Australia).

Thomson, L. y Troeh, F. (2002). *Los suelos y su fertilidad*. Editorial Reverté S.A. Cuarta Edición. Págs. 75-85.

3. Análisis de selección de sitio para cultivos de peces en Sinaloa: Calidad de agua

MARÍA ISABEL SOTELO GONZÁLEZ¹
ANDRÉS MARTÍN GÓNGORA GÓMEZ²
NORMA PATRICIA MUÑOZ SEVILLA³
APOLINAR SANTAMARÍA MIRANDA⁴

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.151.03>

Introducción

El género *Lutjanus* se encuentra dentro de la familia *Lutjanidae*, la cual cuenta con 17 géneros y 109 especies. En México la pesca de pargos se compone de 13 especies, 6 en el litoral del golfo de México y 7 en el océano Pacífico, contando con un alto valor comercial debido a la demanda dentro del mercado nacional e internacional (Allen, 1985).

Los factores ambientales permiten enmarcar las características climáticas del área para el buen desarrollo del lugar en donde se llevará a cabo un cultivo. La temperatura es reconocida como el factor ecológico de importancia universal, ya que influye de manera directa en la distribución y supervivencia de los organismos. De la Lanza-Espino *et al.* (2008), mencionan que la variación en los valores de clorofila *a* es en respuesta a factores como la concentración de nutrientes, turbidez, temperatura e inclusive el tipo de comunidad fitoplanctónica. Ante todo, es importante analizar los parámetros ambientales, tales como: temperatura del agua, salinidad, oxígeno disuelto, potencial de hidrógeno, sólidos suspendidos totales, materia orgánica particulada y clorofila *a*, en el sistema lagunar Ensenada Pabellones,

¹ Doctora en Ciencias en Recursos Acuáticos, Facultad de Ciencias del Mar, Unidad Mazatlán, Universidad Autónoma de Sinaloa, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3159-8255>

² Doctor en Biotecnología Acuícola. Profesor investigador, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8613-5480>

³ Doctora en Oceanografía Biológica. Profesora investigadora, CIEMAD, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2863-3323>

⁴ Doctora en Ciencias Marinas y Costeras. Profesora Investigadora, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8335-1460>

Navolato, Sinaloa, los cuales nos indican la calidad de agua en el sitio de cultivo para peces de la familia *Lutjanidae*.

La metodología del presente estudio fue la siguiente: Se realizaron muestreos mensuales desde abril de 2014 hasta abril de 2015 en el sistema lagunar Ensenada Pabellones, donde se tomaron los parámetros ambientales: temperatura del agua y oxígeno disuelto con un oxímetro (YSI, 55/12 FT, Ohio 45387), potencial de hidrógeno con un potenciómetro (Hanna, HI 8314), salinidad con un refractómetro de precisión (Atago, S/Mill) Villanueva-Fonseca (2011). La determinación de sólidos suspendidos totales (SST), materia orgánica particulada (MOP), se realizó mediante el método de APHA (1995) y la cuantificación de clorofila *a* (Cl *a*) por el método de Strickland y Parsons (1972).

Resultados y discusión

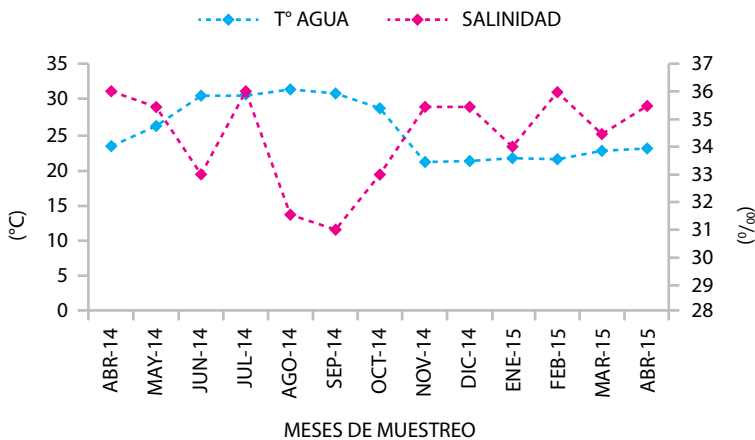
Las condiciones ambientales en el sitio de cultivo varían a lo largo del año, de manera que el crecimiento de la población cultivada puede ser afectada principalmente por la influencia de la temperatura, salinidad, turbiedad, movimiento del agua y disponibilidad de alimento durante un ciclo anual (Ruíz-García, 2006).

La temperatura es reconocida como el factor ecológico de importancia universal, ya que influye de manera directa en la distribución y supervivencia de los organismos, de manera que Galtsoff (1964) afirma que esta incide sobre el metabolismo en general reflejándose notoriamente en la tasa de filtración, ritmo de alimentación y crecimiento, desarrollo gonádico y desove de los adultos reproductores. La salinidad es otro de los parámetros de gran importancia en cultivo, ya que una disminución prolongada de sales provoca un importante retraso en el desarrollo sexual. La temperatura del agua (°C) encontrada en el presente estudio varió de 21.2 a 31.35°C encontrándose la mínima en noviembre de 2014 y la máxima en agosto de 2014. Por otra parte, la salinidad (SAL) estuvo entre 31 a 36 ‰, presentándose el valor mínimo en septiembre de 2014 y los valores máximos en abril y julio de 2014 y febrero de 2015 (Figura 1).

La variación de la concentración de oxígeno es resultado de las diferencias en las tasas fotosintéticas y respiratorias comunes en sistemas lagunares

someros. La descomposición de la materia orgánica influye en el pH, en los cuerpos costeros semicerrados como lagunas, estuarios y marismas este puede variar entre 6.5 y 9.5 UpH alcalinos asociados a la asimilación fotosintética de CO_2 . La cantidad de oxígeno disuelto (OD) fue de 4.02 a 6.52 mg L^{-1} encontrándose la mínima en enero de 2015 y la máxima en abril de 2014.

FIGURA 1. Variación de la temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$) y la salinidad ($\%$) durante los meses de muestreo de abril 2014 – abril 2015 en el sistema lagunar Ensenada Pabellones, Navolato, Sinaloa.



El potencial de hidrógeno (pH) fue de 6.72 a 8.45 UpH, donde el valor mínimo fue en marzo de 2015 y el máximo en febrero de 2015 (Figura 2). Con respecto a la turbidez de las aguas costeras, va a depender de la cantidad de material en suspensión. Este parámetro es de gran importancia, ya que influye en el desarrollo de los organismos porque modifica la penetración de la luz en el agua, interviniendo directamente en los procesos de producción primaria.

La materia orgánica particulada procede, por lo general, de aportes exteriores al sistema y de la descomposición de diversos organismos. La concentración de sólidos suspendidos totales (SST) fue de 12.72 a 51.06 mg L^{-1} , la mínima se presentó en abril de 2015 y la máxima en agosto de 2014. Por otra parte, la materia orgánica particulada (MOP) permaneció entre 1.51 a 16.12 mg L^{-1} , donde la menor concentración fue en agosto de 2014 y la mayor en marzo de 2015. La cantidad de clorofila *a* (Cl *a*) varió de 1.85

a 5.05 mg m^{-3} , la menor fue en abril de 2015 y la mayor en agosto de 2014 (Figura 3). Se concluye que el sistema lagunar Ensenada Pabellones Navolato, Sinaloa es apto para el cultivo de peces de la familia *Lutjanidae*, dado que los resultados arrojados para cada de uno de los parámetros ambientales se encuentran en los rangos óptimos para estos organismos.

FIGURA 2. Variación del oxígeno disuelto (mg L^{-1}) y el potencial de hidrógeno (UpH) durante los meses de muestreo de abril 2014 – abril 2015 en el sistema lagunar Ensenada Pabellones, Navolato, Sinaloa.

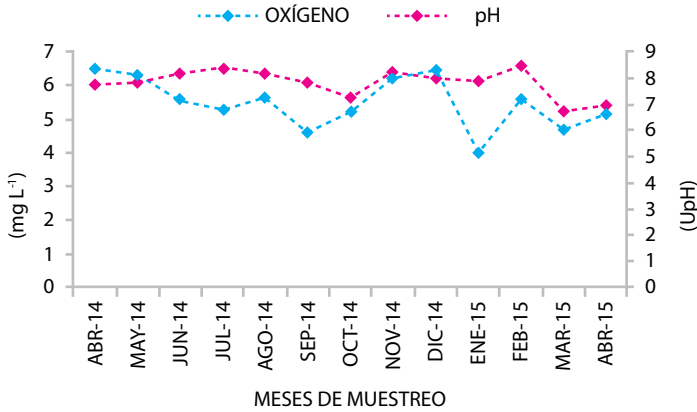
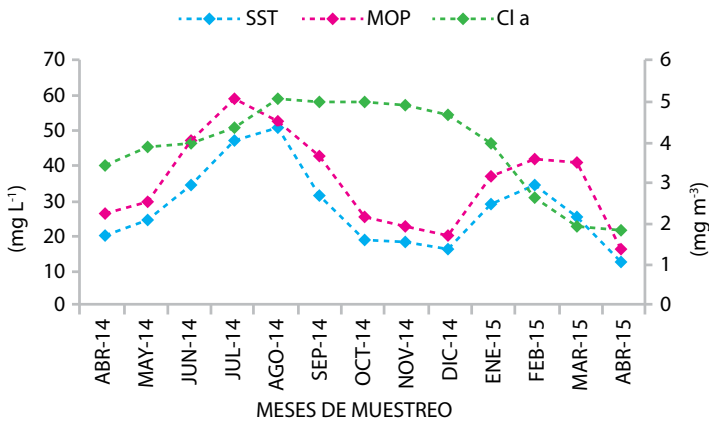


FIGURA 3. Variación de sólidos suspendidos totales (mg L^{-1}), materia orgánica particulada (mg L^{-1}) y clorofila a (mg m^{-3}) durante los meses de muestreo de abril 2014 – abril 2015 en el sistema lagunar Ensenada Pabellones, Navolato, Sinaloa.



Agradecimientos

Agradecemos al Instituto Politécnico Nacional y al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Sinaloa por darnos la oportunidad de conocer nuevas fronteras en pro de la educación.

Referencias

- Allen, G. R. (1985). *FAO species catalogue. Snappers of the World. An annotated and illustrated catalogue of lutjanids species known to date.* *FAO Fish Synop.* (125) 6: 208 p.
- De la Lanza-Espino, G., Alcocer-Duran, J. Moreno-Ruiz, J. L. y Hernández-Pulido, S. (2008). Análisis químico-biológico para determinar el estatus trófico de la laguna Tres Palos, Guerrero, México. *Hidrobiológica*, 18: 21-31.
- Galtsoff, P. S. (1964). The American oyster *Crassostrea virginica* Gmelin. U. S. Department of the Interior Fish and Wildlife Serv. *Fish. Bull.*, 64-480.
- Jeffrey, S. W. y Humphrey, G. F. (1975). New spectrophotometric equation for determining chlorophyll. a, b, c1 and c2 *Biochem. Physiol. Pflanz.*, 167, 194-204.
- Ruíz-García, M. C. (2006). Efecto de la densidad y fecha de siembra en el crecimiento de ostión de placer *Crassostrea corteziensis* en Bahía Agiabampo, Sonora. Tesis de Licenciatura. Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora. 74 p.
- Strickland, J. D. y Parsons, T. R. (1972). *A practical handbook for the Seawater analysis.* Fisheries Research Board of Canada, Ottawa. 310 p.
- Villanueva-Fonseca, B. P. (2011). Efecto de la densidad de siembra y los factores ambientales en el cultivo de ostión japonés *Crassostrea gigas* en la península de Lucernilla, Navolato, Sinaloa. Tesis de Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente. CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa. 82 p.

PARTE 2

NUTRIENTES Y CALIDAD DE AGUA PARA EL CULTIVO DE LUTJÁNIDOS

4. Calidad de agua y nutrientes en el hábitat de organismos silvestres del pargo *Lutjanus colorado* (Jordan y Gilbert, 1882), en la costa Norte de Sinaloa

JESÚS FRANCISCO ESCÁRREGA ROMÁN¹

APOLINAR SANTAMARÍA MIRANDA²

MARÍA ANTONIA QUINTERO VÁZQUEZ³

JUAN PABLO APÚN MOLINA⁴

MAURO ESPINOZA ORTIZ⁵

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.151.04>

Introducción

Los peces pertenecientes a la familia *Lutjanidae* son considerados uno de los principales recursos pesqueros en las plataformas de la zona tropical y subtropical debido a su excelente calidad y alto valor de mercado (Allen, 1987). Esta familia de peces está constituida por 21 géneros y 125 especies reconocidas. Se encuentran, principalmente, en regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo (Allen, 2013).

El pargo colorado (*Lutjanus colorado* Jordan y Gilbert, 1882) se distribuye al este del océano Pacífico muy del sur de California hasta Corozal, Colombia (Allen, 1985). No obstante, Chirichigno (1974) considera posible que se encuentre probablemente hasta el norte de Perú. De acuerdo con la información sobre extracción y consumo anual proporcionada por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 1995), esta especie es comercialmente clasificada de alto consumo, representado por las pesquerías artesanales como un recurso de gran valor económico.

¹ Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0009-0000-2316-9931>

² Doctora en Ciencias Marinas y Costeras. Profesora investigadora, Ciidir Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8335-1460>

³ Maestra en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Politécnico Nacional. <http://orcid.org/0009-0004-7003-4326>

⁴ Doctor en Ciencias en Biotecnología. Profesor investigador, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politecnico Nacional, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9006-8882>

⁵ Doctor en Ciencias en Conservación del Patrimonio Paisajístico, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México: <http://orcid.org/0000-0001-9970-1736>

En relación con estudios ictiohematológicos, se ha demostrado que las variaciones en las condiciones ambientales como temperatura, pH, oxígeno y salinidad, entre otros, causan modificaciones fisiológicas en los niveles de algunos parámetros sanguíneos de peces (Alvarado, 1997; Valenzuela *et al.*, 2002; Román Vega, 2013).

El área de estudio se encuentra localizada en la Bahía Macapule, entre los 25° 21' y 25° 24' de latitud norte y 108° 30' y 108° 45' de longitud oeste, y en la bahía de Navachiste, localizada a los 25° 28' de latitud norte y a los 108° 51' de longitud oeste, ambas en la zona norte de Guasave, Sinaloa, México.

In situ se monitorearon las variables ambientales como: temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH, utilizando equipos de campo especializados; además se tomaron muestras de agua para la determinación.

Resultados y discusiones

Las variables ambientales presentaron fluctuaciones considerables durante cada una de las estaciones. La temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, pH, nitritos y nitratos mostraron diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con respecto a estación mientras que amoníaco y fosfatos no presentaron diferencia significativa ($P \geq 0.05$). Las variables ambientales registradas en el sistema lagunar San Ignacio- Navachiste-Macapule, presentaron cambios importantes a lo largo de los muestreos; dichos cambios pueden deberse a la ubicación cercana al océano Pacífico y la fuerte influencia del forzamiento físico que este presenta, además de la confluencia de masas de agua con diferentes características y la acción de los vientos estacionales, quedando el área de estudio en una zona altamente sensible a cambios físicos (Valencia-Martínez, 2014) afectando no solo aspectos biológicos, sino también notoriamente aspectos fisicoquímicos.

Los valores máximos de temperatura superficial se encontraron en la estación de verano (30.9 ± 0.4 °C), mientras que las temperaturas más bajas se registraron en otoño (20.2 ± 0.3 °C), se obtuvieron los valores más bajos durante el periodo frío en otoño (20.2 ± 0.3 °C) e invierno (24.2 ± 1.3 °C), y los valores más altos durante el periodo cálido en verano (30.9 ± 0.4 °C);

cabe mencionar que los valores de temperatura, tanto de invierno como de otoño, fueron obtenidos al final de cada estación. Magaña-Álvarez (2015), menciona que la temperatura es una de las variables físicas más importantes en las lagunas costeras, por la forma en que esta afecta en forma directa e indirecta la tasa de evaporación, la salinidad, saturación y procesos bioquímicos, entre otros factores. Zavala (2008) reportó valores similares a los encontrados ($20.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ invierno y $32.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ en verano); esto puede deberse a que el interior del sistema lagunar es más somero y a que existe menor interacción con el mar adyacente, por lo que responde más rápidamente a los cambios atmosféricos.

Para el oxígeno disuelto (OD), los valores máximos obtenidos fueron en invierno ($8.15 \pm 0.6\text{ mg/L}$), mientras que los valores mínimos fueron en otoño ($5.15 \pm 0.1\text{ mg/L}$). Los valores máximos de salinidad se encontraron en otoño ($39.5 \pm 0.2\text{ UPS}$), mientras que los valores mínimos se encontraron en verano ($35.5 \pm 0.2\text{ UPS}$). Para el pH, los valores máximos se obtuvieron en verano ($7.8 \pm 0.05\text{ UpH}$), mientras que los valores mínimos se obtuvieron en invierno ($6.5 \pm 0.02\text{ UpH}$). El valor de salinidad más bajo se presentó en verano ($35.5 \pm 0.2\text{ UPS}$), coincidiendo con lo reportado por Zavala-Norzagaray (2008) en la Bahía de Macapule (36.7 UPS), probablemente asociado al efecto de la temporada de lluvias en la zona y la cercanía de las escorrentías de los drenes urbanos y agrícolas. Riley y Chester (1971) mencionan que, dentro del rango de salinidad normalmente encontrado en los océanos, la temperatura es el factor más importante para la solubilidad de los gases; aplicando esta idea, es posible que los valores máximos de oxígeno disuelto medidos durante el invierno ($8.15 \pm 0.6\text{ mg/L}$), pudieran ser producto de dicha variable. Urías *et al.* (1999), encontraron valores similares (8.0 mg/L) en invierno en las bahías de San Ignacio y Navachiste, lo cual podría ser provocado por el efecto de la radiación solar que en un sistema somero incrementa sensiblemente la temperatura, intensificado por la gran cantidad de sólidos suspendidos que incrementan este efecto (Mee, 1977; Morales-Soto *et al.*, 2000). El pH presentó una variación de 6.5 a 7.8 upH durante el año, datos similares con los resultados obtenidos por Urías *et al.* (1999) de 6.05 a 8.94 upH y Granados-Galván (2014) de 6.2 a 8.9 upH; esto sugiere que las condiciones ambientales en el sistema lagunar se han mantenido estables durante la última década.

Los valores en los nutrientes fueron los siguientes: El valor máximo de nitritos se obtuvo en la estación de invierno (1.04 ± 0.241 mg/L), y el mínimo se obtuvo en primavera (0.05 ± 0.004 mg/L). En nitratos el valor máximo se obtuvo en verano (16.40 ± 0.45 mg/L), mientras que el valor mínimo se obtuvo en invierno (2.01 ± 0.76 mg/L). El amonio tuvo sus máximos valores en invierno (0.16 ± 0.079 mg/L), mientras que los valores mínimos se encontraron en verano y otoño (0.03 ± 0.004 mg/L). Finalmente, los valores máximos fueron encontrados en verano (0.44 ± 0.07 mg/L), mientras que los mínimos fueron encontrados en invierno (0.14 ± 0.07 mg/L) (Tabla 1). En el trabajo realizado por Escobedo-Urías *et al.* (1999) y Martínez-López (2007) en el Sistema Lagunar Navachiste proporcionan evidencia de los efectos antropogénicos sobre el fitoplancton y reportan que el nitrito y amonio fueron altos en comparación con otras lagunas afectadas de la región). En el caso de los nutrientes nitrogenados, los valores máximos detectados fueron durante invierno y verano, se sugiere que probablemente fue a la influencia de las descargas de aguas residuales principalmente agrícolas, ya que en esas épocas se realizan cultivos (primavera-verano y otoño e invierno) tanto de maíz y frijol como de hortalizas, las cuales requieren grandes cantidades de fertilizantes, lo que contribuye a aumentar la concentración de nutrientes en la zona costera tal como lo menciona Escobedo-Urías, (2010).

El sistema lagunar San Ignacio-Navachiste-Macapule es una zona donde habitan principalmente pargos jóvenes, ya que las tallas obtenidas durante el ciclo anual oscilaron entre 17.5 y 52.7 cm respectivamente.

TABLA 1. Valores promedio estacionales de los parámetros fisicoquímicos del área de estudio.

Lugar	Sistema lagunar San Ignacio-Navachiste-Macapule					Valor de significancia P
	Parámetros	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
T (°C)		24.2 ± 1.3 ab	26.4 ± 1.3 b	30.9 ± 0.4 c	20.2 ± 0.3 a	0.000049
Salinas (UPS)		38.7 ± 0.7 ab	37.5 ± 1.5 ab	35.5 ± 0.2 a	39.5 ± 0.2 b	0.032147
O. D. (mg/L)		8.15 ± 0.6 b	5.28 ± 0.8 a	5.10 ± 0.5 a	5.15 ± 0.1 a	0.012220
pH (UpH)		6.5 ± 0.02 c	7.1 ± 0.02 a	7.8 ± 0.05 b	7.6 ± 0.02 ab	0.000198
NO ₂ (mg/L)		1.04 ± 0.241 a	0.05 ± 0.004 b	0.55 ± 0.095 ab	0.70 ± 0.129 a	0.003422
NO ₃ (mg/L)		2.01 ± 0.76 b	12.67 ± 1.32 a	16.40 ± 0.45 a	14.25 ± 1.00 a	0.000001
NH ₄ (mg/L)		0.16 ± 0.079	0.05 ± 0.017	0.03 ± 0.004	0.03 ± 0.004	0.105264
PO ₄ (mg/L)		0.14 ± 0.07	0.28 ± 0.10	0.44 ± 0.07	0.25 ± 0.06	0.112515

Letras diferentes denotan diferencia significativa (P=0.05)

Agradecimientos

El presente trabajo fue apoyado económicamente a través de los proyectos: Estado de salud de la población silvestre del pargo *Lutjanus argentiventris* en el océano Pacífico mexicano, SIP 20140593 y Estado de salud de la población silvestre de *Lutjanus peru*, *Lutjanus guttatus* y *Lutjanus argentiventris* en el océano Pacífico mexicano, SIP 2015O171. Con número de proyecto 166615/Cb-2011-01 SEP-Conacyt.

Referencias

- Allen, G.R. (1985). Lutjanidae. En: W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter y V.H. Niem (eds.), Guía FAO para la Identificación de Especies para los Fines de la Pesca. Pacífico Centro Oriental. Vol. III, pp.1231-1244.
- Allen, G.R. (1987). Synopsis of the circumtropical fish genus *Lutjanus* (Lutjanidae). In: J.J. Polovina and S. Ralston (eds.), Tropical Snappers and Groupers: Biology and Fisheries Management. Westview Press, Boulder, pp. 33-87.
- Allen, G.R. (2013). Two new species of snappers (Pisces: Lutjanidae: *Lutjanus*) from the Indo-West Pacific: Journal of the Ocean Science Foundation Vol. VI. pp. 33-51
- Alvarado, H. (1997). Efecto de tres concentraciones de calcio en el agua sobre algunos parámetros hematológicos de la trucha arcoíris. Veterinaria tropical 22(1): 5-12.
- M.A.G (1995). Estadísticas de pesca 1995. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección de Recursos Pesqueros y Acuicultura, Departamento de Pesca y Caza, San José, Costa Rica. 50 p.
- Escobedo-Urías, D; A. Martínez-López; A. Jiménez-Illescas, A. E. Ulloa-Pérez y A. Zavala-Norzagaray (2007). Intercambio de carbono orgánico particulado del sistema lagunar San Ignacio - Navachiste, Sinaloa, con el mar adyacente. En: Hernández de la Torre, B. Y G. Gaxiola-Castro. (2007). Carbono en ecosistemas acuáticos de México. INE. México, D.F. 580 pp.
- Escobedo-Urías, D. (2010). Diagnóstico y descripción del proceso de eutrofización en lagunas costeras del norte de Sinaloa. Tesis de Doctorado en Ciencias. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN), La Paz, Baja California Sur, México. 298 p.
- Magaña-Álvarez, M. E. (2015). Distribución de nutrientes y su efecto en el nivel trófico de la laguna Macapule, Sinaloa.
- Martínez-López A., Diana Escobedo-Urías, Amada Reyes-Salinas y Ma. Teresa Hernández-Real. (2007). Phytoplankton response to nutrients runoff in a Lagoon System in the Gulf of California. Hidrobiología 17(2): 101-112.

- Riley, J. P., y Chester, R. (1971). Introduction to marine chemistry.
- Román-Vega, M. A. (2013). Valores hematológicos y bioquímica sanguínea de la población silvestre del huachinango *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) en el Pacífico sur de México.
- Urías, D. E., Real, M. T. H., Moreno, N. H., Pérez, A. E. U., y Ozono, Y. C. (1999). Calidad bacteriológica del sistema lagunar de san Ignacio-Navachiste, Sinaloa. Ciencia y Mar, 3(9).
- Valencia-Martínez, S. (2014). Caracterización del área de alimentación de tortugas marinas en la zona marino-costera del complejo insular San Ignacio- Navachiste-Macapule, Sinaloa, Golfo de California.
- Valenzuela A. Alveal K. y Tarifeño E. (2002). Respuesta hematológica de truchas *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum 1792) a estrés hipóxico agudo: serie roja. Gayana, 66(2): 255 – 261 pp.
- Zavala-Norzagaray, A. A. (2008). Incidencia de postlarvas de camarón en el sistema lagunar San Ignacio-Navachiste-Macapule (2002-2003) (Doctoral dissertation).

5. Parámetros fisicoquímicos y nutrientes en el hábitat de *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922): Comparación de estacionalidad y lugar

MARCO ANTONIO LIERA SANDOVAL¹

APOLINAR SANTAMARÍA MIRANDA²

URFILA VICTORIA PELAEZ ESTRADA³

JUAN PABLO APÚN MOLINA⁴

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.151.05>

Introducción

En el Pacífico mexicano, el huachinango *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) es una de las especies de escama más importantes en la pesca artesanal. Por su volumen de captura y por su valor comercial, se captura durante todo el año, alcanzando los volúmenes máximos de captura en los meses de julio y agosto (Chiappa-Carrara *et al.*, 2004; Díaz-Uribe *et al.*, 2004). En los últimos años los volúmenes de captura de esta especie se han incrementado considerablemente (Conapesca, 2016), siendo necesario mejorar el seguimiento de todas las pesquerías, incluyendo la pesca ilegal e incidental (Pauly y Zeller, 2016).

Los peces son de alto valor para los seres humanos, son un elemento básico en la dieta por la calidad de su proteína y ácidos grasos (Nelson, 2006). La pesca ha llevado al agotamiento de las poblaciones, con la expansión de las áreas de captura y la sobreexplotación de las pesquerías (Pauly *et al.*, 2002). Las capturas mundiales totales de peces alcanzaron su valor máximo de 130 millones de toneladas en 1996, disminuyendo a partir de entonces a una tasa de 1.22 millones de toneladas por año (Pauly y Zeller,

¹ Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Politécnico Nacional. ORCID: <http://orcid.org/0009-0001-0524-6371>

² Doctora en Ciencias Marinas y Costeras. Profesora investigadora, CIIDIR Unidad Sinaloa. Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8335-1460>

³ Maestra en Ciencias en enseñanza de las ciencias. Profesora titular Tecnológico Nacional de México Campus Pinotepa, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7492-5047>

⁴ Doctor en Ciencias en Biotecnología. Profesor Investigador, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9006-8882>

2016). Los peces de la familia *Lutjanidae* son especies comerciales importantes a nivel mundial (Nelson, 2006). Las capturas de las especies pertenecientes a esta familia a nivel mundial se incrementaron de 17 305 toneladas en 1950 a 303 704 toneladas en el 2014 (FAO, 2016).

En los últimos años se ha incrementado el interés por cultivar a *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) (Estrada-Godínez *et al.*, 2015). Importantes estudios se han realizado para llevar a esta especie a la acuicultura, demostrándose que es económicamente viable su cultivo (Cabrera-Mancilla y Gutiérrez-Zavala, 2015). Se han obtenido avances tecnológicos importantes como son la inducción artificial al desove de reproductores obtenidos del medio natural (Dumas *et al.*, 2004), determinación de la densidad óptima de siembra de organismos capturados y engordados en jaulas (Garduño-Dionate *et al.*, 2010; Castillo-Vargasmachuca *et al.*, 2012), determinación de salinidad y temperatura óptima para huachinangos juveniles capturados del medio silvestre y llevados a laboratorio (Castillo-Vargasmachuca *et al.*, 2013), determinación de la temperatura óptima para la incubación de los huevos y el desarrollo óptimo de las larvas de *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) (Peña *et al.*, 2014; Estrada-Godínez *et al.*, 2015), desarrollo de productos biotecnológico para activar el sistema autoinmune y estudios para mejorar la calidad del agua de los estanques de cultivo (Reyes-Becerril *et al.*, 2012; Guzmán-Villanueva *et al.*, 2014; Castillo-Vargasmachuca *et al.*, 2015; Reyes-Becerril *et al.*, 2015).

Los peces pueden sobrevivir a ciertos rangos de temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto. Estos parámetros fisicoquímicos del agua funcionan como barrera física a las poblaciones de peces, restringiendo la distribución geográfica de estos. La alimentación activa, el crecimiento y la reproducción solo pueden ser llevados a cabo en un estrecho rango de estos parámetros (Wootton, 1992). Cantidades excesivas de nutrientes como son los fosfatos, silicatos, nitratos, nitritos y amonios afectan la salud y composición de las comunidades de peces (Tong, 2001; Topçu y Brockmann, 2004).

Las condiciones ambientales varían de acuerdo con la zona de muestreo, dado que los peces son dependientes de las condiciones ambientales, es necesario determinar estos parámetros en diferentes áreas de su hábitat. El objetivo del presente estudio fue analizar las variables ambientales del área de captura en la zona costera frente a la costa del puerto de Mazatlán que

se ubica en la parte sur de Sinaloa y la costa del puerto de Topolobampo, perteneciente al municipio de Ahome.

Los parámetros ambientales fueron medidos por triplicado en cada muestreo. El oxígeno disuelto fue determinado con un medidor de oxígeno disuelto YSI® 55 (modelo 55-12FT), el cual es un dispositivo digital basado en microprocesador, con la sonda de oxígeno disuelto unida directamente al instrumento. Este dispositivo mide un rango de 0 a 20 mg/L con ± 0.3 de exactitud. Con este mismo medidor se registró la temperatura, este equipo mide un rango de temperatura de -5 a 45 °C, con ± 0.2 de exactitud. El pH fue medido con un microprocesador manual OAKTON (número de serie 1599148) previamente calibrado, el cual mide un rango de 0.00 a 14.0 pH, con ± 0.01 de exactitud. La salinidad fue medida con un refractómetro RHS-10ATC, el cual mide un rango de 0 a 100 partes por mil (ppm), con ± 1.0 de exactitud.

Se tomaron tres muestras de ~ 1000 ml de agua por muestreo en frascos de plástico color blanco y se mantuvieron en hielo para la posterior determinación de nitrógeno total (NT), nitratos (NO_3^-), nitritos (NO_2^-), amonio (NH_4^+), amoniaco (NH_3) y fosfatos (PO_4^-) en el laboratorio.

Resultados y discusión

Las variables ambientales se modifican ampliamente en las distintas estaciones del año. Los valores mínimos de temperatura superficial se localizaron en la primavera en Topolobampo (22.3 ± 0.24 °C), mientras que las temperaturas más altas se registraron en Mazatlán también en primavera (29.63 ± 0.24). Los valores más altos de OD se registraron en Topolobampo en primavera (7.26 ± 0.09 mg/L), coincidiendo con temperaturas bajas, lo cual permite mayor solubilidad de los gases en el agua (Wootton, 1992). Las concentraciones de OD más bajas se encontraron también en Topolobampo en verano.

El efecto de algunos nutrientes como el amonio está documentado como tóxico para los peces; en este sentido se ha demostrado que la toxicidad está determinada por la cantidad de amonio no ionizado (NH_3 , NH_4OH) en solución en el agua, más que por la forma ionizada (NH_4) y que el grado

de disociación está controlado primeramente por el pH y la temperatura del agua (Aguilar-Ibarra, 2005). En lo que respecta a parámetros óptimos para teleósteos, la información sigue siendo escasa. Debido al grado de complejidad que implica llevar a cabo el cultivo del huachinango los rangos de tolerancia para nutrientes como amonio, nitratos y fosfatos son aún desconocidos.

Los niveles de nitrato entre 0 y 4 mg/L son generalmente seguros para los peces. Cualquier valor superior a 8 mg/L puede ser tóxico. (Bautista y Ruiz, 2007). En el presente estudio el valor más elevado de nitratos fue de (0.76 ± 0.07 mg/L) en el otoño, por lo tanto, no se puede considerar como un indicador directo que pueda alterar la salud de *L. peru* (Tabla 1).

TABLA 1. Valores promedio de los parámetros ambientales del área de estudio.

Lugar	Mazatlán			
	Parámetros	Primavera	Verano	Otoño
Temperatura (°C)	29.63±0.24c	29.03±0.24c	28.3±0.20c	23.0± 0.0ab
O.D (mg/L)	5.99±0.09a	5.99±0.09a	6.59±1.2b	10± 0.00d
pH	8.27±0.13ab	8.52±0.13ab	8.0±0.1ab	7.2± 0.00a
Salinidad (UPS)	37.16±0.14b	37.00±0.14b	35.0±0.0a	36.0± 0.00b
Fosfatos (mg/L)	0.02±0.006ab	0.05±0.006b	0.10±0.04d	0.07± 0.02c
Nitrógeno (mg/L)	0.66±0.07c	0.46±0.07b	0.61±0.15c	0.17± 0.00ab
NH3 (mg/L)	0.84±0.09b	0.56±0.09ab	0.73±0.17b	0.20± 0.00a
NH4 (mg/L)	0.89±0.09c	0.59±0.09b	0.81±0.04a	0.23± 0.00a
NO3 (mg/L)	0.58±0.10b	0.59±0.10b	0.76±0.07bc	0.15± 0.00a
Lugar	Topolobampo			
Parámetros	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Temperatura (°C)	22.23±0.24a	29.56±0.24c	29.3±0.11c	22.51±0.02a
O.D (mg/L)	7.26±0.09c	5.50±0.09a	6.8±0.0b	7.26± 0.03bc
pH	8.15±0.13ab	8.97±0.13b	7.2±0.0a	8.06± 0.00ab
Salinidad (UPS)	37.83±0.14b	36.83±0.14ab	37.0±0.0b	39.71± 0.45c
Fosfatos (mg/L)	0.03±0.006ab	0.01±0.006a	0.15±0.04e	0.094± 0.00d
Nitrógeno (mg/L)	0.72±0.07c	0.43±0.07b	0.55±0.00a	0.11± 0.00a
NH3 (mg/L)	0.87±0.09b	0.52±0.09ab	0.71±0.04b	0.19± 0.00a
NH4 (mg/L)	0.92±0.09c	0.81±0.11c	0.46±0.12b	0.26± 0.00a
NO3 (mg/L)	0.46±0.10ab	0.67±0.10b	0.71±0.12bc	0.56± 0.00b

Agradecimientos

El presente trabajo fue apoyado económicamente a través de los proyectos: Estado de salud de la población silvestre del pargo *Lutjanus argentiventris* en el océano Pacífico mexicano, SIP 20140593 y Estado de salud de la población silvestre de *Lutjanus peru*, *Lutjanus guttatus* y *Lutjanus argentiventris* en el océano Pacífico mexicano, SIP 2015O171. Con número de proyecto 166615 /Cb-2011-01 SEP-Conacyt.

Referencias

- Cabrera-Mancilla, E., y Gutiérrez-Zavala, R. M. (2015). Producción de huachinango *Lutjanus peru* en jaulas flotantes. *Agroproductividad*, 8(3).
- Castillo-Vargasmachuca, S., Ponce-Palafox, J. T., García-Ulloa, M., Arredondo-Figueroa, J. L., Ruiz-Luna, A., Chávez, E. A., y Tacon, A. G. (2012). Effect of stocking density on growth performance and yield of subadult Pacific Red Snapper cultured in floating sea cages. *North American Journal of Aquaculture*, 74(3), 413-418.
- Castillo-Vargasmachuca, S., Ponce-Palafox, J. T., Rodríguez-Chávez, G., Arredondo-Figueroa, J. L., Chávez-Ortiz, E., y Seidavi, A. (2013). Effects of temperature and salinity on growth and survival of the Pacific red snapper *Lutjanus peru* (Pisces: Lutjanidae) juvenile/Efectos de la temperatura y salinidad sobre el crecimiento y supervivencia de juveniles de huachinango *Lutjanus peru* (Pisces: Lutjanidae). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 41(5), 1013.
- Conapesca. (2016). Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca.
- Chiappa-Carrara, X., Rojas-Herrera, A. A., y Mascaró, M. (2004). Coexistencia de *Lutjanus peru* y *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) en la costa de Guerrero, México: relación con la variación temporal en el reclutamiento. *Revista de biología tropical*, 52(1), 177-185.
- Díaz-Urbe, J., Chávez, E. A., y Elorduy-Garay, J. F. (2004). Assessment of the Pacific red snapper *Lutjanus peru* fishery in the southwestern Gulf of California. *Ciencias Marinas*, 30(4).
- Dumas, S., Rosales-Velázquez, M. O., Contreras-Holguín, M., Hernández-Ceballos, D., y Silverberg, N. (2004). Gonadal maturation in captivity and hormone-induced spawning of the Pacific red snapper *Lutjanus peru*. *Aquaculture*, 234(1), 615-623.
- Estrada-Godínez, J. A., Moreno-Figueroa, L. D., Maldonado-García, M., Pérez-Urbiola, J. C., Romero-Rodríguez, J., y Audelo-Naranjo, J. M. (2015). Influence of the temperature on the early larval development of the Pacific red snapper, *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 43(1), 137-145.

- FAO, (2016). Global Capture Production 1950-2014. Consultado el 18-06-2016. Disponible en: <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-capture-production/query/es>.
- Garduño-Dionate, M., Unzueta-Bustamante, M. L., Hernández-Martínez, M., Lorán-Núñez, R. M., y Martínez-Insunza, F. R. (2010). Crecimiento de huachinangos juveniles silvestres *Lutjanus peru* en un encierro de engorda en Puerto Vicente Guerrero, Guerrero. *Ciencia Pesquera*, 18(1), 93-96.
- Guzmán-Villanueva, L. T., Ascencio-Valle, F., Macías-Rodríguez, M. E., y Tovar-Ramírez, D. (2014). Effects of dietary β -1, 3/1, 6-glucan on the antioxidant and digestive enzyme activities of Pacific red snapper *Lutjanus peru* after exposure to lipopolysaccharides. *Fish physiology and biochemistry*, 40(3), 827-837.
- Nelson J. S. (2006). *Fishes of the World*. Fourth edition. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey. 601 p.
- Pauly, D., Christensen, V., Guénette, S., Pitcher, T. J., Sumaila U. R., Walters C. J., Watson R. y Zeller D. (2002). Towards sustainability in world fisheries. *Nature*. 418. 689-695.
- Pauly, D., y Zeller, D. (2016). Catch reconstructions reveal that global marine fisheries catches are higher than reported and declining. *Nature communications*, 7.
- Peña, R., Dumas, S., Zavala-Leal, I., y Contreras-Olguín, M. (2014). Effect of incubation temperature on the embryonic development and yolk-sac larvae of the Pacific red snapper *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922). *Aquaculture Research*, 45(3), 519-527.
- Reyes-Becerril, M., Ascencio-Valle, F., Macias, M. E., Maldonado, M., Rojas, M., y Esteban, M. Á. (2012). Effects of marine silages enriched with *Lactobacillus sakei* 5-4 on haemato-immunological and growth response in Pacific red snapper (*Lutjanus peru*) exposed to *Aeromonas veronii*. *Fish & shellfish immunology*, 33(4), 984-992.
- Reyes-Becerril, M., Angulo, C., y Ascencio, F. (2015). Humoral immune response and TLR9 gene expression in Pacific red snapper *Lutjanus peru* experimentally exposed to *Aeromonas veronii*. *Fish & shellfish immunology*, 42(2), 289-296.
- Tong, S. T. (2001). An integrated exploratory approach to examining the relationships of environmental stressors and fish responses. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*, 9(1), 1-19.
- Topçu, D. H., y Brockmann, U. (2004). Nutrients and organic compounds in the North Sea (Concentrations, Dynamics, and Methods): a review. *Senckenbergiana maritima*, 34(1-2), 89-172.
- Wootton, R. J. (1992). *Fish ecology*. Springer Science & Business Media. New Delhi, India. 212 p.

6. Análisis de calidad de agua y nutrientes en el hábitat de organismos silvestres del pargo *Lutjanus colorado* (Jordan y Gilbert, 1882), en la costa Norte de Sinaloa

JESÚS FRANCISCO ESCÁRREGA ROMÁN¹

APOLINAR SANTAMARÍA MIRANDA²

MARÍA ANTONIA QUINTERO VÁZQUEZ³

JUAN PABLO APÚN MOLINA⁴

MAURO ESPINOZA ORTIZ⁵

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.151.06>

Introducción

La familia *Lutjanidae* está constituida por 17 géneros y 109 especies, de ellas, 10 habitan la costa del Pacífico mexicano como parte de su distribución geográfica conocida (Allen, 1995) además, están presentes en regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo (Allen, 2013) y es considerado como uno de los géneros de mayor importancia comercial. El efecto de algunos nutrientes como el amonio está documentado como tóxico para los peces; en este sentido se ha demostrado que la toxicidad está determinada por la cantidad de amonio no ionizado (NH_3^- , NH_4OH) en solución en el agua, más que por la forma ionizada (NH_4^+), y que el grado de disociación está controlado primeramente por el pH y la temperatura del agua (Aguilar-Ibarra, 2005). Por lo anterior, es importante analizar los parámetros fisicoquímicos de calidad de agua y nutrientes, tales como; temperatura ($^{\circ}\text{C}$),

¹ Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0009-0000-2316-9931>

² Doctora en Ciencias Marinas y Costeras. Profesor investigador, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8335-1460>

³ Maestra en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Politécnico Nacional. ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-7003-4326>

⁴ Doctor en Ciencias en Biotecnología. Profesor investigador, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. <http://orcid.org/0000-0001-9006-8882>

⁵ Doctorado en Ciencias en Conservación del Patrimonio Paisajístico, CIIDIR Unidad Sinaloa. Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9970-1736>

salinidad (ppm), oxígeno disuelto (mg/L), potencial de hidrógeno (UpH), amonio (mg/L), nitratos (mg/L) y fosfatos (mg/L).

El área de estudio se encuentra localizada en la zona costera de Acapulco, Guerrero y en Santo Domingo, Oaxaca. Se realizó un total de cuatro muestreos dirigidos durante un ciclo anual abarcando las cuatro estaciones del año. Se tomaron parámetros fisicoquímicos *in situ* y muestras de agua las cuales se trasladaron al Laboratorio de Acuicultura de CIIDIR IPN Unidad Sinaloa para su posterior análisis.

Resultados y discusión

La temperatura obtuvo un valor máximo en el estado de Oaxaca durante la primavera de 32.3 ± 0.1 °C y el valor mínimo se presentó durante el invierno (26.6 ± 0.5 °C). En términos generales, la variación de la temperatura a lo largo del año es mínima y el rango encontrado durante el presente estudio se considera bueno para la captura de *L. peru*.

Los valores de salinidad encontrados entre los sitios estudiados se mostraron muy variables a lo largo del año, reportando el valor mínimo de 30 ± 0.00 ppm durante el verano en el estado de Oaxaca y un valor máximo de 39.33 ± 1.15 ppm en el mismo estado, pero en la estación de otoño (figura 1). De todos los parámetros físicos medidos, el oxígeno disuelto registró un valor mínimo 6.38 ± 0.35 mg/L durante la primavera en estado de Guerrero, mientras que el valor máximo se observa durante el otoño en el mismo estado 7.28 ± 0.25 mg/L, el pH muestra una tendencia oscilatoria registrando el valor más elevado en Oaxaca durante el verano (7.73 ± 0.20 upH) y el valor mínimo en el estado de Guerrero durante la primavera (6.53 ± 0.05 upH).

La variabilidad de los niveles de amonio se mostró muy similar en la mayoría de las estaciones del año, los valores de amonio más bajos se registraron durante el verano para ambos sitios con concentraciones inferiores a 0.01 mg/L. La concentración de nitratos encontrados durante el presente estudio muestra valores bajos durante la primavera para ambos sitios con concentraciones inferiores a 1 mg/L mientras que los más elevados se registraron durante el otoño con niveles superiores a los 3 mg/L (figura 2).

Los valores promedio de fosfatos se mantuvieron en 4.6 mg/L durante la estación de otoño en la zona no prístina (Acapulco, Guerrero) mientras que el valor más bajo se registró durante la primavera en la zona prístina (0.02 mg/L). A pesar de haber encontrado un valor muy elevado en la concentración de amonio durante el presente estudio (4.06 ± 0.51 mg/L) durante la estación de otoño en la zona no prístina, esto parece no afectar en gran medida en ciertos valores hematológicos como los parámetros bioquímicos analizados y, aparentemente, tampoco se ve afectado el número de trombocitos ni de eritrocitos presentes en la sangre periférica del huachinango; sin embargo, parece haber una relación directa entre la concentración de amonio con el número de leucocitos presentes en la sangre circundante de *L. peru*. Colt y Armstrong (1981) afirman que una alta concentración de amonio en el agua provoca inmunosupresión, esto no es concordante con lo encontrado en este trabajo, ya que el número más grande de leucocitos se encontró cuando la concentración de amonio fue más alta. Los niveles de nitrato entre 0 y 4 mg/L son generalmente seguros para los peces. Cualquier valor superior a 8 mg/L puede ser tóxico (Bautista y Ruiz, 2011). En el presente estudio el valor más elevado de nitratos fue de (3.03 ± 1.04 mg/L) por lo tanto, no se puede considerar el valor de nitrato encontrado en el presente estudio como un indicador directo que pueda alterar la hematología del huachinango. Las concentraciones de los nutrientes (amonio, nitratos y fosfatos) mostraron su valor máximo durante la estación de otoño para ambos sitios (zona prístina y no prístina) esto puede deberse a que durante esta estación se presentaron lluvias torrenciales, lo que sugiere que hubo un arrastre de nutrientes y materia orgánica de la parte continental hacia la zona costera (Galloway, 2004).

En el presente estudio las variables fisicoquímicas monitoreadas (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH) no presentaron una relación directa con la composición sanguínea del huachinango. De los nutrientes analizados, el amonio fue el único que presentó influencia sobre un grupo celular en específico (leucocitos) y al parecer existe una relación directa entre estos, dado que al manifestarse un aumento en este nutriente se observó a la par un incremento de células blancas.

Agradecimientos

Al proyecto SEP-Conacyt “Estado De Salud De La Población Silvestre de Los Pargos *Lutjanus peru*, *Lutjanus guttatus* y *Lutjanus argentiventris* En El océano Pacífico mexicano” (# De Proyecto 166615) y al proyecto SIP 20131869 “Estado de Salud de La Población Silvestre Del Pargo *Lutjanus peru* En El océano Pacífico mexicano”.

Referencias

- Allen, G. (1985). Snappers of the World: An Annotated and Illustrated Catalogue of Lutjanids Species Known to Date. FAO Fisheries Synopsis, no. 125, vol. 6. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. pp. 125-208.
- Allen, G.R. (2013). Two new species of snappers (Pisces: Lutjanidae: Lutjanus) from the Indo-West Pacific: Journal of the Ocean Science Foundation Vol. VI. pp.33-51.
- Bautista Covarrubias, J., y Ruiz Velazco Arce, J. (2011). Calidad de agua para el cultivo de Tilapia en tanques de geomembrana. Fuente Año 3 ISSN 2007 – 0713., 10.
- Colt, J., y Armstrong, D.A. (1981). Nitrogen toxicity to crustaceans, fish, and molluscs. In: Allen, L.J., Kinney, L.J. (Eds.), Proceedings of the Bioengineering Symposium for Fish Culture Section. American Fisheries Society, Bethesda, MD, pp. 34–47.
- Galloway, J. N. F. J. Dentener, D. G. Capone, E. W. Boyer, R. W. Howarth, S. P. Seitzinger, G. P. Asner, C. C. Cleveland, P. A. Green, E. A. Holland, D. M. Karl, A. F. Michaels, J. H. Porter, A. R. Townsend y C. J. Vöörsmarty. (2004). Nitrogen cycles: past, present and future. Biogeochemistry, 70: 153–226.

7. Análisis de calidad de agua y nutrientes en el hábitat de una población silvestre de pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869) en la costa Norte de Sinaloa, México

MÁXIMO GARCÍA MARCIANO¹

APOLINAR SANTAMARÍA MIRANDA²

MARÍA ANTONIA QUINTERO VÁZQUEZ³

JUAN PABLO APÚN MOLINA⁴

JESÚS ARTURO FIERRO CORONADO⁵

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.151.07>

Introducción

Al *Lutjanus argentiventris*, en las costas mexicanas, comúnmente se le conoce como pargo amarillo, coliamarillo, coyotillo, cursiento, alazán y pargo de manglar, este último nombre se debe a que ingresa a las lagunas costeras y estuarios en su estadio juvenil (Fischer *et al.*, 1995).

Algunos estudios de ictiohematología han demostrado que las variaciones en las condiciones ambientales (temperatura, pH, oxígeno, entre otras), ocasionan modificaciones fisiológicas importantes en los niveles de algunos parámetros sanguíneos (Alvarado, 1997; Valenzuela *et al.*, 2003). El estero Cochalillo en ensenada de La Paz, Baja California Sur ha funcionado como guardería para tres especies de la familia *Lutjanidae*, siendo estas: *Lutjanus argentiventris*, *L. aratus* y *L. novemfasciatus* (González-Acosta *et al.*, 1999).

¹ Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6530-5954>

² Doctora en Ciencias Marinas y Costeras. Profesor Investigador, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8335-1460>

³ Maestra en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Politecnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-7003-4326>

⁴ Doctor en Ciencias en Biotecnología. Profesor investigador, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional. SNI: I <http://orcid.org/0000-0001-9006-8882>

⁵ Doctor en Ciencias Marinas y Costeras, Profesor Investigador, ciidir Unidad Sinaloa. Instituto Politécnico Nacional SNI: I <http://orcid.org/0000-0002-9704-6288>

Estudios en esta zona indican que la tasa de crecimiento de *Lutjanus argentiventris* disminuye a medida que aumentan los niveles de salinidad en medios controlados (Serrano-Pinto y Caraveo-Patiño, 1999).

La temperatura ejerce una gran influencia en los procesos fisiológicos de los peces, dado que puede afectar la obtención de O_2 por parte de los mismos de tres formas diferentes: 1) provocando un aumento del metabolismo y por lo tanto de los requerimientos de O_2 ; 2) disminuyendo la solubilidad del gas, de forma que los animales deban bombear más cantidad de agua a través de las branquias para obtener la misma cantidad de O_2 y 3) afectando negativamente la afinidad de la hemoglobina por el O_2 , lo cual incrementa la necesidad de O_2 en el torrente circulatorio del pez. Por lo tanto, los bajos consumos de O_2 son comunes en especies de agua fría, especialmente en aquellas caracterizadas por ser sedentarias y con escasas habilidades de nado, lo que les permite conservar energía para su mantenimiento (Sastre *et al.*, 2004).

En el caso de los peces teleósteos, las concentraciones van de 2 a 7 mg/L, dependiendo de las propiedades del agua y el área donde se encuentren los organismos. De acuerdo con Boyd y Lichtkoppler (1979) en las zonas tropicales, la exposición prolongada a bajos niveles de oxígeno disuelto (1 a 5 mg/L), reducen la tasa de crecimiento de los peces, por lo que establecen como rango óptimo concentraciones de 5 a 7 mg/L para condiciones de cultivo. Las variaciones en los niveles de oxígeno pueden generar cambios en otros parámetros como es el caso del pH, ya que el aumento o decremento del pH en los medios de cultivo tiene afectaciones diversas sobre estos organismos (Boyd, 2012). Swingle (1969) menciona que si el pH del agua en un estanque acuícola aumenta por arriba de nueve, el rendimiento de los peces será muy pobre, y si la exposición es prolongada puede conducir a la muerte. Mientras que, en el caso contrario, si disminuye de seis o menos, esto reduciría la tasa de crecimiento de los peces; por lo que establece como valor óptimo de siete a ocho unidades de pH.

Algunos productos de excreción de los peces como el amoníaco (NH_3), pueden ocasionar efectos adversos, aun en muy bajas concentraciones. La tolerancia de los organismos acuáticos al amoníaco varía según la especie, las condiciones fisiológicas y los factores ambientales (Boyd, 2012). Robinette (1976) señaló que concentraciones de 0.12 a 0.40 mg/L reducen la tasa

de crecimiento del bagre de canal *Ictalurus punctatus*, en tanto que Colt y Tchobanoglous (1978) mencionan que incluso a niveles mucho más bajos de hasta 0.048 mg/L, se observa ya una reducción en la tasa de crecimiento de esta especie de bagre. Para los peces pertenecientes a la familia *Lutjanidae*, se ha registrado variación en ciertos indicadores morfofisiológicos y variables bioquímicas sanguíneas, debido a las condiciones ambientales, como ha sido observado en *Lutjanus peru* en el Pacífico sur mexicano (Román, 2013).

El presente estudio se realizó en la bahía Macapule localizada en la parte norte de estado de Sinaloa. Se efectuaron tres muestreos comprendidos durante algunos meses específicos: diciembre de 2013 y junio y diciembre de 2014. En los sitios donde las capturas fueron constantes, se determinaron las variables ambientales como: temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH, utilizando equipos de campo especializados; se tomaron, además, muestras de agua para la determinación de su calidad en el laboratorio mediante técnicas adecuadas.

Resultados y discusión

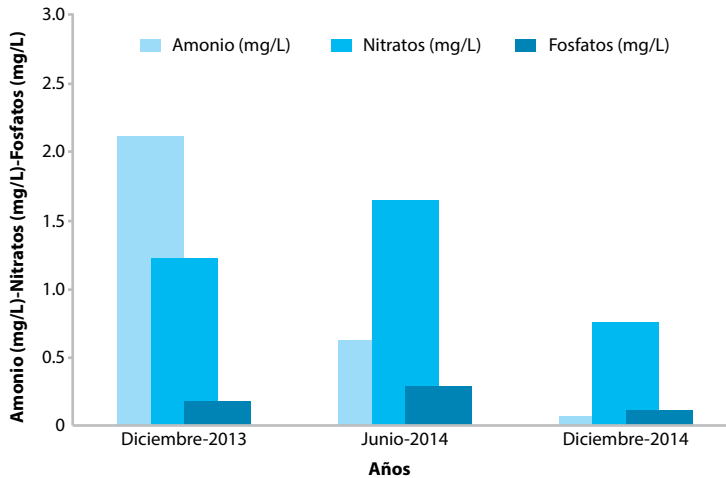
Las concentraciones de amonio (NH_4^+) variaron significativamente de 0.08 ± 0.009 mg/L en diciembre de 2014 a 2.10 ± 0.01 mg/L en diciembre de 2013 (Andeva $F=13,571.4$, $P=0.0000$). El rango de variación del amonio entre ambos muestreos fue de 2.06 mg/L.

Los niveles de nitratos disueltos presentes en el área de captura mostraron también diferencia significativa durante los muestreos (Andeva $F=34.706$, $P=0.0000$). Las concentraciones variaron de 0.799 ± 0.07 mg/L en diciembre de 2014 a 1.554 ± 0.06 mg/L en junio de 2014. La diferencia entre las concentraciones de nitratos durante los meses de diciembre de los dos años fue de 0.402 mg/L; aunque fue mayor la variación entre los dos meses del mismo año (junio-diciembre de 2014) (0.755 mg/L).

Los fosfatos fueron los nutrientes que presentaron una menor variación a diferencia del amonio y los nitratos. Sus concentraciones variaron solo de 0.099 ± 0.040 mg/L a 0.284 ± 0.038 mg/L (rango = 0.185 mg/L). La concentración fue significativamente más alta durante el mes de junio de 2014 y

menor durante diciembre del mismo año (Andeva $F=5.937$, $P= 0.0037$) (figura 1).

FIGURA 1. Valores de los niveles de concentración de amonio (NH_4^+), nitratos (NO_3^-) y fosfatos (PO_4^{3-}) presente en el área de captura de *L. argentiventris* en la bahía Macapule



En el medio acuático las concentraciones de amonio no ionizado (amoniac) y el ionizado dependen del equilibrio existente entre la temperatura y el pH, dado que al aumentar el pH se incrementa la concentración del amonio no ionizado (Tucker y Hargreaves, 2004). Los niveles de pH y de amonio libre presentaron una relación positiva en el área de estudio, ambos parámetros registraron sus niveles más altos durante el mes de diciembre (2013), tendiendo a disminuir en los muestreos posteriores. Por otra parte, Román (2013) menciona que las concentraciones de amonio registradas durante el otoño, en la costa sur de Guerrero, fueron de 4.06 ± 0.56 mg/L, no afectaron de manera negativa a *L. peru*. Sin embargo, las concentraciones más altas de amonio registradas durante el estudio (2.12 ± 0.01 mg/L), pueden ser consideradas como más bajas a las reportadas por Román (2013), es señalado que concentraciones cercanas a 2 mg/L pueden ser consideradas como críticas para los peces. En este sentido, Robinette (1976), así como Colt y Tchobanoglous (1978), señalan que a niveles bajos de amonio no ionizado, el bagre de canal *Ictalurus punctatus* (Rafinesque, 1818) puede sufrir afectaciones negativas. Sin embargo, en el medio natural los peces

presentan la ventaja de poder desplazarse hacia otras áreas, donde existan mejores condiciones para su desarrollo cuando el ambiente se torna muy adverso, como ya fue señalado.

Los parámetros ambientales registrados en la bahía de Macapule presentaron una variación constante durante la temporada de los muestreos, debido a que este cuerpo de agua es fuertemente influenciado por la corriente de California. La calidad del agua evaluada a partir de la determinación del amonio, nitratos y fosfatos presentó una marcada variación durante el tiempo de estudio de esta zona.

Agradecimientos

El presente trabajo fue apoyado económicamente a través de los proyectos: Estado de salud de la población silvestre de *Lutjanus peru*, *Lutjanus guttatus* y *Lutjanus argentiventris* en el océano Pacífico mexicano, SIP 2015O171. Con número de proyecto 166615/Cb-2011-01 SEP-Conacyt.

Referencias

- Alvarado, H. (1997). Efecto de tres concentraciones de calcio en el agua sobre algunos parámetros hematológicos de la trucha arcoíris. *Veterinaria tropical*, 22: 5-12.
- Boyd, C. y Lichtkoppler, F. (1979). Research and development of international center for aquaculture. *Agric. Exp.*, 22: 3-10.
- Boyd, C. (2012). Water quality. En: Lucas, J. S. y Southgate, P. C. (eds.), *Aquaculture: Farming aquatic animals and plants*. Edition two: Wiley-Blackwell, 52-83 pp.
- Castello, F. (1993). *Acuicultura marina: Fundamentos biológicos y tecnológicos de la producción*. Universitat de Barcelona.
- Colt, J. y Tchobanoglous, G. (1978). Chronic exposure of channel catfish, *Ictalurus punctatus*, to ammonia: effects on growth and survival. *Aquaculture*, 15: 353-372.
- Fischer, W.; Krupp, F.; Schneider, W.; Sommer, C.; Carpenter, K. E. y Niem, V. H. (1995). *Guía para la identificación de especies para los fines de la pesca: Pacífico Centro-Oriente*. Organización de las Naciones para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, 2.
- González-Acosta, A. F.; De La Cruz-Agüero, G.; De la Cruz-Agüero, J. y Ruiz-Campos, G. (1999). Ictiofauna asociada al manglar del Estero el Cochalito, Ensenada de La Paz, Baja California Sur, México. *Oceánides*, 14: 121-131.

- Magaña-Álvarez, M. E. (2004). Distribución de nutrientes y su efecto en el nivel trófico de la Laguna Macapule, Sinaloa, Tesis de maestría. Guasave, Sinaloa: CIIDIR-IPN.
- Robinette, H. R. (1976). Effect of selected sublethal levels of ammonia on the growth of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *The progressive fish-culturist*, 38: 23-29.
- Román, M. A. (2013). Valores hematológicos y bioquímica sanguínea de la población silvestre del huachinango *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) en el Pacífico Sur de México. Tesis de maestría. Guasave, Sinaloa: CIIDIR-IPN.
- Sastre, O. F.; Hernández, G. y Cruz-Casallas, P. E. (2004). Influencia del peso corporal y de la temperatura del agua sobre el consumo de oxígeno de la cachama blanca (*Piaractus branchyomus*). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 17: 11-16.
- Serrano-Pinto, V. y Caraveo-Patiño, J. (1999). Survival of amarillo snapper *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869) at different salinities in captivity. *Aquaculture Research*, 30:467-470.
- Valenzuela, A.; Alveal, K. y Tarifeño, E. (2002). Respuesta hematológica de truchas (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792) a estrés hipóxico agudo: serie roja. *Gayana (Concepción)*, 66:255-261.

PARTE 3

MORFOFISIOLOGÍA DE LUTJÁNIDOS

8. Variabilidad de la condición morfofisiológica de la población silvestre del pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* (Peters 1876) en una laguna costera de la parte del sur del golfo de California, México

MÁXIMO GARCÍA MARCIANO¹

APOLINAR SANTAMARÍA MIRANDA²

JUAN VIOLANTE GONZÁLEZ³

JUAN PABLO APÚN MOLINA⁴

JESÚS ARTURO FIERRO CORONADO⁵

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.151.08>

Introducción

El pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* es uno de los recursos pesqueros con mayor importancia comercial en las costas del Pacífico mexicano (Del Monte-Luna *et al.*, 2001, Conapesca, 2014).

Los índices morfofisiológicos tales como el índice gonadosomático (IG), el índice hepatosomático (IH) y el factor de condición (FC), son utilizados generalmente para expresar la dinámica de la utilización de la energía endógena, de algunos órganos tales como las gónadas, hígado y la masa corporal. Por lo que la variación en el peso del hígado puede reflejar procesos de almacenamiento y transferencia de proteínas y lípidos

¹ Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6530-5954>

² Doctora en Ciencias Marinas y Costeras. Profesora investigadora, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: SNI: I <http://orcid.org/0000-0001-8335-1460>

³ Doctor en Ciencias Marinas. Profesor titular, Unidad Académica de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6291-8763>

⁴ Doctor en Ciencias en Biotecnología. Profesor investigador, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9006-8882>

⁵ Doctor en Ciencias en Marinas y Costeras. Profesor investigador, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9704-6288>

asociados con el esfuerzo reproductivo. En tanto que las variaciones del soma pueden ser un indicador de la energía almacenada como lípidos corporales y proteínas, la cual puede ser movilizada para enfrentar los requerimientos energéticos durante periodos sin alimentación (González y Oyarzún, 2002).

Estudios relacionados con los indicadores morfofisiológicos se han realizado también con diversos objetivos, dado que estos pueden revelar el buen o mal estado de los peces, en ambientes sanos y perturbados, debido a las intervenciones antropogénicas o a fenómenos naturales (Cabrera-Páez *et al.*, 2008). En otros Lutjánidos como *L. peru* y *L. guttatus* algunos indicadores morfológicos como el factor de condición, índice de repleción gástrica y hepatosomático han mostrado variabilidad con base al ciclo anual y de acuerdo con las tallas y sexo de los organismos (Arellano-Martínez *et al.*, 2001; Santamaría-Miranda *et al.*, 2003).

Resultados y discusiones

Se examinaron 123 ejemplares de *L. argentiventris*, el tamaño de las muestras varió de 27 (junio de 2015) a 34 peces (junio de 2014). La longitud total de los organismos varió significativamente entre los meses muestreados ($P < 0.05$), mostrando un intervalo de tallas de 13.5 a 29.7 cm. De igual manera el peso de los organismos mostró diferencia significativa ($P < 0.05$), donde los peses de mayor peso fueron capturados durante el mes de junio de 2015 (tabla 1).

Los indicadores morfofisiológicos mostraron variabilidad durante las estaciones anuales muestreadas. Los valores más altos de índice hepatosomático se encontraron durante el mes de junio de 2014 al igual que el índice de repleción gástrica. Dicha variabilidad puede ser atribuida a la actividad metabólica que pudo haber sido mayor durante los meses de junio (Sastre *et al.*, 2004), por el aumento de la temperatura o también a que ciertas presas (crustáceos, principalmente *Penaeus sp.* son más abundantes en los meses de verano, las cuales disminuyen durante el invierno originando dietas más diversas y menos abundantes durante estos meses (Santamaría-Miranda *et al.*, 2005). Por otro lado, el factor de condición de los peces

fue mayor durante el mes de diciembre, pero se mantuvo dentro de los rangos establecidos para estos peces fusiformes (Weatherley y Gill, 1987). Sin embargo, en otros Lutjánidos se ha encontrado que la variabilidad del factor de condición está relacionada con el proceso reproductivo (Arellano-Martínez, 2001), en este estudio se descarta esa posibilidad ya que los especímenes fueron de tallas pequeñas (juveniles) con ausencia de gónadas y se ha reportado que la madurez sexual ocurre a los 31.5 cm para esta especie (Lucano-Ramírez *et al.*, 2014).

Se concluye que la variabilidad puede deberse a lo mencionado por De Ocampo y Camberos (1999), quienes establecen que el estrés ambiental es el que lo modifica, del cual se deriva como el más importante en organismos silvestres el estrés físico, causado por los cambios en la temperatura, oxígeno y pH del agua, originando esta variación en la condición de los peces. Asimismo, estos autores resaltan la importancia también del estrés causado por compuesto químicos (estrés químico), donde el presente estudio toma mayor relevancia dada la importancia en el ámbito agrícola y acuícola del valle de Guasave; el estrés químico es un factor muy importante en la variabilidad de la condición de los peces, ya que este tipo de estrés está determinado por la presencia de contaminantes endógenos y exógenos.

La variabilidad de estos indicadores morfofisiológicos, con base a las tallas de los organismos, no fue significativa ($P > 0.05$, tabla 1), esto se puede atribuir a que los organismos fueron de edades similares ya que el intervalo de tallas para este estudio fue de 13.5 a 29.7 cm de longitud furcal.

Tabla 1. Indicadores morfofisiológicos de pargos amarillos *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869) capturados en la bahía Macapule (golfo de California, México)

Muestras	Marca de clases	N	Tallas (cm)	Peso (g)	IH (%)	FC (%)	IRG (%)	Valor de significancia
Diciembre-2013	<18.5	11	15.3±0.36	60.7±3.4	1.5±0.12	1.6±0.05	1.8±0.40	
	20.5	10	17.9±0.25	87.3±3	1.1±0.13	1.4±0.05	1.8±0.41	
	22.0 >	11	23.03±0.42	187.5±20.8	1.1±0.12	1.4±0.05	1.8±0.39	
	Promedio muestral		18.8±0.66	112.6±12.2	1.23±0.08	1.48±0.04	1.42±0.17	(P<0.05)
Junio-2014	<18.5	10	18.4±0.15	1103.3±9.1	1.5±0.13	1.4±0.05	3.6±0.41	
	20.5	14	19.9±0.11	123.8±2.1	1.7±0.11	1.4±0.04	3.5±0.35	
	22.0 >	10	22.6±0.83	160.7±9.6	1.8±0.13	1.3±0.05	3.9±0.41	
	Promedio muestral		20.3±0.38	128.6±5.5	1.67±0.08	1.33±0.03	3.66±0.32	(P<0.05)
Diciembre-2014	<18.5	8	17.4±0.2	85.3±2.1	1.1±0.14	1.5±0.06	1.5±0.46	
	20.5	10	18.6±0.08	103.8±2.2	1.2±0.13	1.5±0.05	1.3±0.41	
	22.0 >	12	20.5±0.6	140.6±9.9	1.2±0.11	1.5±0.05	1.4±0.37	
	Promedio muestral		19.0±0.29	113.5±5.9	1.16±0.05	1.48±0.01	1.40±0.07	(P<0.05)
Junio-2015	<18.5	5	17.9±0.6	91.7±4.3	1.05±0.2	1.4±0.07	3.4±0.6	
	20.5	13	21.3±0.4	157.5±6.66	1.5±0.1	1.4±0.04	2.4±0.4	
	22.0 >	9	24.3±0.5	232.2±19.7	1.4±0.1	1.4±0.05	2.4±0.5	
	Promedio muestral		21.7±0.5	170.2±12.09	1.37±0.09	1.40±0.02	2.57±0.32	(P<0.05)
Valor de significancia			(P<0.05)	(P<0.05)	(P>0.05)	(P>0.05)	(P>0.05)	

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Autónoma de Guerrero y CIIDIR-IPN, Unidad Sinaloa, a nuestros centros de investigación, por darnos la oportunidad de conocer nuevas fronteras y cumplir nuestras metas. Al doctor Juan Violante González, por su gran apoyo incondicional para llevar a cabo este proyecto, por su paciencia y horas de trabajo extra.

Referencias

Arellano-Martínez, M., Rojas-Herrera, A., García-Domínguez, F., Ceballos-Vázquez, E. P. y Villalejo-Fuerte, M. (2001) Ciclo reproductivo del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus*

- (Steindachner, 1869) en las costas de Guerrero, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 36:1-8.
- Cabrera-Páez, Y., Betancourt-Aguilar, C., y González-Sansón, G., (2008). Indicadores morfológicos y reproductivos del pez *Gambusia puncticulata* (Poeciliidae) en sitios muy contaminados del Río Almendares, Cuba. *Revista de Biología Tropical*, 56: 1991-2004.
- Conapesca (2014) Registro y estadística pesquera y acuícola. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. Sagarpa. Consulta específica por especies. Obtenido de: http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/consulta_especifica_por_produccion.
- Del Monte-Luna, P., Moncayo-Estrada, R. y Sánchez-González, S. (2001) Determinación de la especie objetivo en la captura comercial en La Cruz de Huanacaxtle, Nayarit, México, de 1987 a 1997. *Ciencia Pesquera* 15:127-130.
- De Ocampo, A. A. y Camberos, L. O. (1999) Diagnóstico del estrés en peces. *Veterinaria México OA* 30:337-344.
- González, P. y Oyarzún, C. (2002). Variabilidad de índices biológicos en *Pinguipes chilensis Valenciennes* 1833 (Perciformes, Pinguipedidae): Gayana (Concepción), 66: 249-253.
- Granados, G. I. A. (2013) Riesgos para la salud humana por ingesta de plaguicidas organoclorados en pargos (*Lutjanus colorado*, *L. novemfasciatus* y *L. argentiventris*) en el sistema lagunar San Ignacio-Navachiste-Macapule, México. Master dissertation, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-IPN. Guasave, Sinaloa, México.
- Lucano-Ramírez, G., Ruiz-Ramírez, S., González-Sansón, G. y Ceballos-Vázquez, B. P. (2014) Reproductive biology of the yellow snapper, *Lutjanus argentiventris* (Pisces, Lutjanidae), from the Mexican central Pacific. *Ciencias Marinas* 40:33-44.
- Montes, N. A. M. (2008) Contaminación por plaguicidas en el sistema Lagunar Navachiste-Macapule, Sinaloa, México. Master dissertation, Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología-UNAM. Mazatlán, Sinaloa, México.
- Santamaría-Miranda, A., Elorduy-Garay, J. F., Villalejo-Fuerte, M. y Rojas-Herrera, A. A. (2003) Desarrollo gonadal y ciclo reproductivo de *Lutjanus peru* (Pisces: Lutjanidae) en Guerrero, México. *Revista de Biología Tropical* 51:489-502.
- Santamaría-Miranda, A., Saucedo-Lozano, M., Herrera-Moreno, M. N. y Apún-Molina, J. P. (2005) Hábitos alimenticios del pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* y del pargo rojo *Lutjanus colorado* (Pisces: Lutjanidae) en el norte de Sinaloa, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 40:33-44.
- Sastre, O. F., Hernández, G. y Cruz-Casallas, P. E. (2004). Influencia del peso corporal y de la temperatura del agua sobre el consumo de oxígeno de la cachama blanca (*Piaractus branchyomus*). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 17: 11-16.
- Weatherley, A. y Gill, H. (1987). *The biology of the fish growth*. Academic Press, New York, 443 pp.

9. Análisis morfofisiológicos de *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) en el Pacífico mexicano

APOLINAR SANTAMARÍA MIRANDA¹

JUAN PABLO APÚN MOLINA²

URFILA VICTORIA PELÁEZ ESTRADA³

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.151.09>

Introducción

El pargo lunarejo, *Lutjanus guttatus* (familia *Lutjanidae*) es la segunda especie de pargos de más importancia comercial del océano Pacífico mexicano, después de *L. peru* (Anuario Estadístico de Pesca, 2005). El esfuerzo de pesca para *L. guttatus* se ha incrementado y su captura ha tendido a disminuir; así, se capturaron 132 567.85 TM anuales en el océano Pacífico durante el año 2013 (Anuario Estadístico de Pesca, 2014). De aquí deriva la importancia de realizar estudios que apoyen el avance de reproducción y cultivo en cautiverio. El pargo lunarejo *L. guttatus* se distribuye desde la costa de Baja California Sur, México, hasta la costa norte de Perú (Fischer *et al.*, 1995). Estudios sobre aspectos reproductivos de la especie *L. guttatus* en el golfo de Nicoya, Costa Rica, demostraron que esta especie desova durante todo el año, con dos picos máximos reproductivos, en abril y en octubre (Rojas, 1997). En esta misma localidad, el pargo lunarejo *L. guttatus* presentó una talla mínima de madurez 31.0 y 31.9 cm y fue posible diferenciar el sexo desde los 12.1 cm de longitud total (Rojas, 1997). En la costa de Colima se determinó que el ciclo reproductivo de *L. guttatus* presenta dos picos: uno largo durante la época de lluvias que coincide con la presencia

¹ Doctora en Ciencias Marinas y Costeras. Profesor investigador, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8335-1460>

² Doctor en Ciencias en Biotecnología. Profesor investigador, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9006-8882>

³ Maestra en Ciencias en enseñanza de las ciencias. Profesora titular Tecnológico Nacional de México Campus Pinotepa, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7492-5047>

de altas temperaturas y ocurre entre julio y noviembre, y el otro más corto que abarca los cuatro primeros meses del año (Cruz-Romero *et al.*, 1991). En la costa del estado de Guerrero, la actividad reproductiva de *L. guttatus* ocurre todo el año con dos periodos reproductivos principales (marzo-abril y agosto-noviembre) representados por una fuerte proporción de organismos con gónadas maduras y en desove; coinciden con valores elevados del índice gonadosomático y valores bajos del índice hepatosomático (Arellano-Martínez *et al.*, 2001). El factor de condición en esta localidad presentó una tendencia similar a la del índice gonadosomático con los máximos valores durante la época de reproducción y disminuyendo hacia las épocas de reposo (Arellano-Martínez *et al.*, 2001). También existen estudios para esta especie en relación con la dinámica poblacional (Cruz-Romero *et al.*, 1996; Saucedo-Lozano y Chiapa-Carrara, 2000; Arellano-Martínez *et al.*, 2001; Rojas-Herrera y Chiapa-Carrara, 2002).

En el medio natural *L. guttatus* se ha caracterizado como un desovador por grupos (Ibarra *et al.*, 2004), liberando huevos durante varios días, deteniéndose otros días más y empezando otra vez.

Resultados y discusión

Los índices morfofisiológicos sirven como descriptores del estado de desarrollo de los peces en su hábitat natural, caracterizando los periodos con mayores gastos de energía y los periodos reproductivos de la especie en estudio, así como como el estado de conservación de la especie en el medio ambiente (Munis *et al.*, 2016). Además, se utilizan en diferentes estudios donde se incluyen cuestiones biológicas y ecológicas de especies acuáticas. El índice gonadosomático (IG), hepatosomático (IH), repleción gástrica (IRG) y el factor de condición (κ_1), en su conjunto pueden ayudar a conocer la condición nutricional y el ciclo reproductivo de una especie determinada (Rojas, 2001; Santamaría *et al.*, 2003).

En el presente trabajo se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) al hacer una comparación entre tallas en el índice hepatosomático, $13.76 + 0.30$ en la talla 160-190 mm, $12.4 + 0.291$ en la talla 191-210 mm, $11.4 + 0.227$ en la talla 211-230 mm, $11.0 + 0.103$ en la talla 231-260 mm, y

7.78+1.36 en la talla de organismos mayores a 261 mm. (tabla 1). En el análisis por sexos se presentaron diferencias significativas en el IRG, en machos $0.167 + 0.050$, en hembras $0.39 + 0.044$ (tabla 2). El índice gonadosomático constituye la expresión más utilizada en el estudio del desarrollo de las gónadas y para describir el ciclo reproductivo en peces. Un método comúnmente utilizado para interpretar las variaciones del desarrollo gonadal (ciclo sexual) a lo largo del ciclo anual, e indicador de los cambios, es la relación porcentual entre el peso del pez y el peso de las gónadas, conocido como índice gonadosomático (Iwaszkiw, 1990). La expresión se basa en el incremento del tamaño de la gónada a medida que se acerca el momento del desove y varía con el estado de desarrollo de los ovocitos (Granado, 1996). Gupta (1974) indica que el IG además de ser útil como medida del grado de madurez del ovario, también sirve como indicador del periodo de desove en función de las respectivas fluctuaciones estacionales.

Según Tresierra y Culquichicon (1993), el índice gonadosomático es un parámetro muy útil para determinar las fases de madurez sexual. El IG se determina en relación con el peso corporal total o peso eviscerado. Lucano-Ramírez *et al.* (2012), al analizar e interpretar aspectos reproductivos en *Lutjanus inermis* (Peters, 1869), tales como la época reproductiva, mencionaron que el IG es un buen indicador para determinar el periodo reproductivo.

El índice de repleción gástrica (IRG) es un parámetro que permite describir los ciclos de alimentación (Holden y Raitt, 1975), además, es un indicador indirecto de la intensidad de alimentación (Claro, 1994). También, indica la condición de llenado del estómago (Cardoza-Martínez *et al.*, 2011) siendo este la relación entre el peso del estómago (g) y el peso del pez (g) expresado en porcentaje. El índice hepatosomático (IH) es un parámetro utilizado para evaluar las modificaciones de las reservas energéticas a lo largo del ciclo gonadal (Love, 1970; Bulow *et al.*, 1978). Es representado como la relación entre el peso del hígado (g) y el peso del pez (g), expresado en porcentaje. Permite inferir sobre el posible estado nutricional de los organismos. Entre mayor es el valor de IH mejor será la condición nutricional de los peces (Santamaría-Miranda *et al.*, 2003).

El factor de condición (κ_1) expresa la relación volumétrica del pez en función de su peso y se utiliza para indicar la condición fisiológica de los

peces (Lucano-Ramírez, 2014) El K1 es un índice con alta utilidad al comparar y cuantificar numéricamente la condición o estado en que el pez se encuentra y se relaciona con una valoración de la contextura o estado de delgadez o gordura del organismo. Existen variaciones interespecíficas de K_1 y para una especie determinada puede variar ampliamente, ya que sobre él influyen, entre otros factores, la temperatura, cantidad, calidad de alimento y estado reproductivo (Martínez-Millán, 1987). Asimismo, este índice provee una evaluación útil acerca del estado de *bienestar* de los peces y representa una forma indirecta de evaluar las relaciones ecológicas y los efectos de diferentes estrategias de manejo (Murphy y Willis, 1991), Costopoulos y Fonds (1989) señalan que estudios diversos han demostrado que el índice de condición constituye una medida de las reservas de energía relacionadas con condiciones ambientales, estado de madurez, alimentación o el efecto de parásitos.

TABLA 1. *Análisis de índices morfofisiológicos por tallas en Lutjanus guttatus*

Índice/Talla	160-190	191-210	211-230	231-260	>261	P
I. Repleción gástrica	0.16+0.05	0.2+0.073	0.26+0.13	0.2+0.098	0.48+0.04	ns
I. Hepatosomático	13.76+0.30	12.4+0.291	11.4+0.227	11.0+0.103	7.78+1.36	0.0001
I. Gonadosomático	0.82+0.13	0.67+0.09	0.97+0.28	0.63+0.05	0.52+0.01	ns
Factor de condición	0.04+0.00	0.03+0.00	0.02+0.00	0.17+0.17	0.0+0.008	ns

TABLA 2. *Análisis de índices morfofisiológicos por sexos en L. guttatus*

Índice/Sexo	Machos	Hembras	P
I. Repleción gástrica	0.167+0.050	0.39+0.044	0.003
I. Hepatosomático	11.68+0.483	11.120+0.707	ns
I. Gonadosomático	1.73+0.104	1.66+0.100	ns
Factor de condición	0.23+0.100	0.103+0.000	ns

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Autónoma de Guerrero y CIIDIR-IPN, Unidad Sinaloa, por los apoyos otorgados para la realización de la presente investigación.

Referencias

- Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (Conapesca). 2018. Anuario estadístico de acuacultura y pesca (2014). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Sinaloa, México.
- Fischer, W. K., F. Schneider, W. Sommer, C. Carpenter y V.H. Ke Niem. (1995). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca: Pacífico centro-oriental.
- Rojas, J. R. (1997). The diet of *Lutjanus colorado* (Pisces: Lutjanidae) in Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 45(3), 1173-1183.
- Cruz-Romero, ME, Espino, B, Mimbela, J, García, B, Obregón, LF, y Girón B. (1991) Biología reproductiva en tres especies del género *Lutjanus* en la costa de Colima, México. Informe final de Conacyt Clave:PO2PCCPR892739. p.118.
- Arellano-Martínez, M., A. Rojas-Herrera, F. García-Domínguez, BP. Ceballos-Vázquez y M. Villalejo-Fuerte (2001). "Ciclo reproductivo del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) en las costas de Guerrero, México." *Revista de biología marina y oceanografía* 36(1): 1-8.
- Cruz-Romero M, Chávez EA, Espino E, y García A. (1996) Stoks assesment of a snapper complex *Lutjanus* spp. of the eastern tropical Pacific. In *Biology, Fisheries and culture of tropical grouper and snapper*, ICLARM Conf. Proc. Manila, Filipinas. 48: 330-336.
- Saucedo-Lozano, M, y Chiapa-Carrara, X. (2000) Alimentación natural de juveniles de *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) en la costa de Jalisco y Colima, México. *Bol. Cent. Invest. Biol. (Maracaibo)* 34:159-180.
- Arellano-Martínez, M, Rojas-Herrera, A, García-Domínguez, F, Ceballos-Vázquez, BP, y Villalejo-Fuerte, M. (2001) Ciclo reproductivo del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) en las costas de Guerrero, México. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 36:1-8.
- Rojas-Herrera AA, y Chiappa-Carrara X. (2002) Hábitos alimenticios del flamenco *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) en la costa de Guerrero, México *Rev. Cienc Mar.* 28:133-147.
- Ibarra, L, Dumas, S, y Duncan, N (2004) Gonad development and LHRHa induced spawning in female spotted rose snapper *Lutjanus guttatus*. In: 5th International Symposium on Fish Endocrinology. 5-9 September. Castellón, Spain.
- Muniz, C. C., Nonato Santana, M., y Oliveira-Junior, E. S. (2016). Índices morfofisiológicos de *Piaractus mesopotamicus* (Osteichthyes, characidae) na estação ecológica de taianã e foz do rio sepotuba, Brasil. *Interiencia*, 41(10).
- Rojas, A. (2001). Aspectos de la dinámica poblacional del Huachinango *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) y del flamenco *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) (Pisces: Lutjanidae) del litoral de Guerrero, México (Doctoral dissertation, Tesis de Doctorado, Universidad de Colima, Colima, México).
- Santamaría-Miranda, A, Elorduy Garay, J, Rojas-Herrera, AA, y Villalejo-Fuerte, M (2003)

- Ciclo reproductivo y desarrollo gonadal de *Lutjanus peru* en Guerrero, Mex. J. Biol. Trop. 50:489-502.
- Iwaszkiw, J. (1990). Biología reproductiva. Instituto de Limnología Dr. R. A. Ringuelet. (1): 25-28.
- Granado, C. (1996). Ecología de Peces. Ed. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. España. 352 pp.
- Gupta, S. (1974). Observations on the reproductive biology of *Mastasembelus armatus* (Lacepede) J. Fish. Biol. VI 13 - 21 pp.
- Tresierra, A. y Culquichicón, Z. (1993). *Biología pesquera*. Trujillo. Perú. 432pp
- Lucano-Ramírez, G., Ruiz-Ramírez, S., González-Sansón, G., y Ceballos-Vázquez, B. P. (2012). Biología reproductiva del pargo *Lutjanus inermis* (Perciformes: Lutjanidae), en el Pacífico central mexicano. International Journal of Tropical Biology and Conservation, 60(1).
- Holden, M. J., y Raitt, D. F. S. (1975). Manual de Ciencia Pesquera: Parte 2: Métodos para investigar los recursos y su aplicación. Roma: FAO.
- Claro, R. (1994). Ecología de los peces marinos de Cuba. CIORO, México. 525 p
- Cardoza Martínez, G. F., Estrada Rodríguez, J. L., Alonzo Rojo, F., Mar Tovar, C. L., y Gellwick, F. (2011). Espectro trófico del bagre *Ictalurus punctatus* (Siluriformes: Ictaluridae), en la presa Lázaro Cárdenas, Indé, Durango, México. Hidrobiológica, 21(2), 210-216.
- Love, R. M. (1970). The chemical biology of fishes. Academic press, London, and New York.
- Bulow, F. J., Coburn Jr, C. B., y Cobb, C. S. (1978). Comparisons of two bluegill populations by means of the RNA-DNA ratio and liver-somatic index. Transactions of the American Fisheries Society, 107(6), 799-803.
- Lucano-Ramírez, G., Ruiz-Ramírez, S., González-Sansón, G., y Ceballos-Vázquez, B. P. (2014). Reproductive biology of the yellow snapper, *Lutjanus argentiventris* (Pisces, Lutjanidae), from the Mexican central Pacific. Ciencias Marinas, 40(1).
- Martínez- Millan, L. (1987). Métodos de evaluación, control y racionamiento en la alimentación en Acuicultura. CAICYT. J. Espinosa de los Monteros y U. Labarta (Editores) pp 295-325.
- Murphy, B. R., y Willis, D. W. (1991). Application of relative weight (W_r) to western warmwater fisheries. In Proceedings of the Warmwater Fisheries Symposium I (pp. 243-248).
- Costopoulos, C. G., y Fonds, M. (1989). Proximate body composition and energy content of plaice (*Pleuronectes platessa*) in relation to the condition factor. Netherlands Journal of Sea Research, 24(1), 45-55.

10. Análisis morfofisiológicos de *Lutjanus colorado* (Jordan y Gilbert, 1882) en el Pacífico norte de México

JESÚS FRANCISCO ESCÁRREGA ROMÁN¹

APOLINAR SANTAMARÍA MIRANDA²

JUAN PABLO APÚN MOLINA³

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.151.10>

Introducción

Los peces pertenecientes a la familia *Lutjanidae* son considerados uno de los principales recursos pesqueros en las plataformas de la zona tropical y subtropical debido a su excelente calidad y alto valor de mercado (Allen, 1987). Su captura mundial alcanza las 268 976 toneladas anuales, solo por la pesca comercial (FAO, 2012). Esta familia de peces está constituida por 21 géneros y 125 especies reconocidas. Se encuentran, principalmente, en regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo (Allen, 2013). La mayoría de los pargos viven en aguas someras, aunque hay especies que se encuentran entre los 100 y 500 m de profundidad (Lucano-Ramírez *et al.*, 2012). El género *Lutjanus* es el de mayor importancia comercial, para el cual, se conocen 65 especies (Allen, 1987); de estas, 10 viven habitualmente en la costa del Pacífico mexicano como parte de su distribución geográfica conocida (Allen, 1995).

El pargo colorado (*Lutjanus colorado*) se distribuye al este del océano Pacífico y del Sur de California hasta Corozal, Colombia (Allen, 1985). No obstante, Chirichigno (1974) considera posible que se encuentre hasta el norte de Perú. De acuerdo con la información sobre extracción y consumo

¹ Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0009-0000-2316-9931>

² Doctora en Ciencias Marinas y Costeras. Profesor investigador, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8335-1460>

³ Doctor en Ciencias en Biotecnología. Profesor investigador, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9006-8882>

anual proporcionada por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 1995), esta especie es comercialmente clasificada de alto consumo, representado por las pesquerías artesanales como un recurso de gran valor económico.

Se han utilizado parámetros sanguíneos, morfofisiológicos y medio ambientales para determinar el estado fisiológico, nutricional y reproductivo de los peces, conocimiento que ha adquirido gran importancia en la valoración de las condiciones ambientales estresantes y el diagnóstico de enfermedades (Korcock *et al.*, 1988). Actualmente, estos indicadores son herramientas de gran utilidad para conocer el estado de salud, así como el estado reproductivo y el equilibrio metabólico en los peces, tanto de vida silvestre como en cultivos intensivos.

Los índices morfofisiológicos como el índice de repleción gástrica (IRG) índice hepatosomático (IH), factor de condición (κ_1) e índice gonadosomático (IGs), son importantes para expresar la dinámica en la utilización de la energía endógena de órganos tales como gónadas, hígado y la masa corporal (Collins y Anderson, 1995) por lo que, se utilizan como herramientas de apoyo para determinar la condición fisiológica, nutricional y reproductiva de los peces (Tyler y Dunn 1976; Rojas, 2001; Santamaría-Miranda *et al.*, 2003). Dichos índices, pueden tener correlaciones negativas como positivas en el proceso reproductivo de los peces (Lucano-Ramírez *et al.*, 2014), sin embargo, esto depende de la estación, tipo de pez y características del desarrollo reproductivo, resultando difícil establecer valores de referencia en ellos.

Por ejemplo, el índice de repleción gástrica (IRG) aporta información importante sobre cómo se alimentan los peces a lo largo del tiempo. En este estudio, el valor obtenido para *L. colorado* durante el verano de 2016, fue de 3.16 ± 0.25 %, siendo similar al reportado por García Marciano (2015) para *L. argentiventris* en la bahía Macapule, Sinaloa, Gallardo-Cabello *et al.* (2010) para *L. peru* en la costa de Guerrero y Reyes-Montiel *et al.* (2011) para *Mugil cephalus* en la bahía de Navachiste, Sinaloa. La similitud en estos resultados pueden ser atribuidos a que dichos organismos se están preparando para el proceso reproductivo.

El IRG presentó una relación positiva con el IH, lo cual marca la relación entre la cantidad de alimento que los peces consumen y la cantidad de

energía que acumulan en el hígado en forma de glucógeno. García-Marciano (2015) y Gallardo-Cabello *et al.* (2010) encontraron, de igual manera, una relación positiva entre ambos índices para *L. argentiventris* y *L. peru*.

El tamaño del hígado (IH) determina la cantidad de sustancias de reserva almacenadas en el cuerpo, las cuales guardan una relación estrecha con el éxito reproductivo y la supervivencia de los peces ante variaciones en el ambiente. La dinámica de este índice es dependiente del ciclo reproductivo, madurez gonadal y del sexo de los organismos (Koporikov y Bogdanov, 2013), por lo tanto, altos valores del IH durante los periodos de reposo en la reproducción se pueden deber a la acumulación de sustancias de reserva para ser utilizados en la reproducción (Rojas-Herrera, 2001). Contrario a lo anterior, valores bajos de IH antes del máximo desarrollo gonadal y durante el desove, pueden ser interpretados como una baja en las reservas energéticas almacenadas en el hígado en forma de glucógeno, el cual es transferido a la gónada para ser usado en el proceso reproductivo, produciendo una baja en la condición de los peces durante el periodo de desove (Arellano-Martínez *et al.*, 2001).

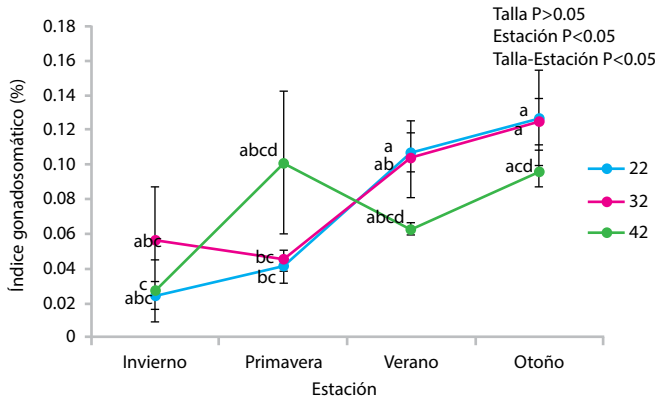
Resultados y discusión

El valor del IG presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) por estación y la relación talla-estación, pero no por talla. El valor más alto del IG se obtuvo en otoño (0.11 ± 0.008 %) y los valores más bajos se observaron en invierno-primavera (0.03 ± 0.01 y 0.04 ± 0.005 %, respectivamente).

El valor más alto con respecto a la talla se encontró en los organismos de 42 cm (0.08 ± 0.009 %), mientras que los valores más bajos se obtuvieron en los organismos con tallas de 22 y 32 cm (0.06 ± 0.006 y 0.07 ± 0.009 %, respectivamente) (Figura 1).

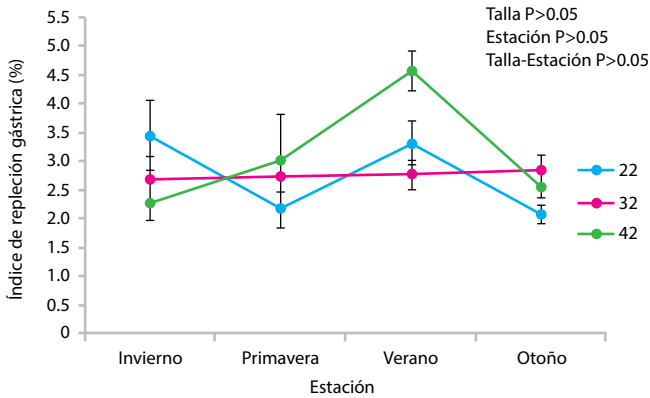
El índice de repleción gástrica no presentó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) por estación y talla. La estación del año donde *L. colorado* se alimentó más intensamente fue en verano (3.16 ± 0.25 %). La alimentación más baja se observó durante la primavera (2.54 ± 0.20 %).

FIGURA 1. Valores promedio de I_G de *L. colorado* por talla y estación. Medias y error estándar. Letras distintas encima del gráfico de líneas indican diferencia significativa Tukey ($P=0.05$).



La talla donde *L. colorado* se alimentó más intensamente fue de 22 cm ($3.02 \pm 0.28\%$), mientras que la más baja de alimentación se encontró en las tallas de 32 y 42 cm (2.72 ± 0.14 y $2.74 \pm 0.20\%$, respectivamente) (Figura 2).

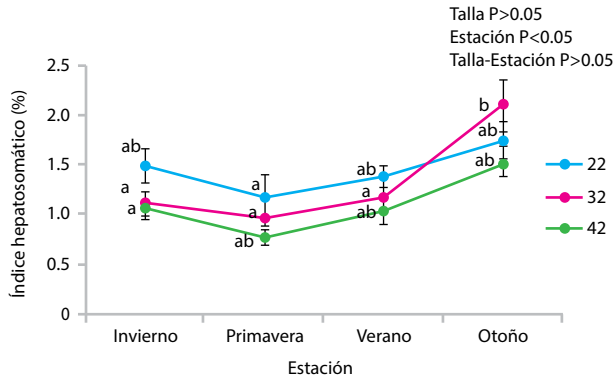
FIGURA 2. Valores promedio del I_{RG} de *L. colorado*, por estación y tallas. Media y error estándar.



El índice hepatosomático mostró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) por estación, pero no por talla. El valor más alto por estación se obtuvo en otoño ($1.80 \pm 0.12\%$) y los valores más bajos en primavera-verano (1.02 ± 0.09 y $1.29 \pm 0.07\%$, respectivamente). El valor más alto con respecto a la talla se encontró en los organismos de 22 cm ($1.41 \pm 0.08\%$), mientras que los

valores más bajos se encontraron en los organismos con tallas de 32 y 42 cm (1.24 ± 0.07 y 1.33 ± 0.11 %, respectivamente). (Figura 3).

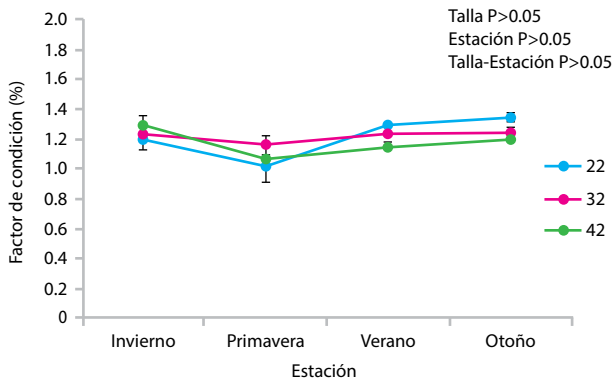
FIGURA 3. Valores promedio del I_H de *L. colorado* por estación y tallas. Medias y error estándar. Letras distintas encima del gráfico de líneas indican diferencia significativa (Tukey, $P=0.05$).



El factor de condición no mostró diferencia significativa ($P \geq 0.05$) por talla, estación y relación talla-estación. El valor más alto del κ_1 se obtuvo en verano (1.27 ± 0.01 %), mientras que los valores mínimos se observaron en primavera-invierno (1.11 ± 0.05 y 1.20 ± 0.04 %, respectivamente).

El valor más alto con respecto a la talla se encontró en los organismos de 42 cm (1.21 ± 0.02 %), mientras que los valores más bajos se obtuvieron en los organismos con tallas de 22 y 32 cm (1.20 ± 0.03 y 1.20 ± 0.03 %, respectivamente) (Figura 4).

FIGURA 4. Valores promedio del κ_1 de *L. colorado* por estación y tallas. Medias y error estándar.



El valor máximo encontrado de IH para *L. colorado* fue de $1.80 \pm 0.12\%$ durante el otoño, valor que concuerda con Román, (2013) en *L. peru*, quien registró un valor máximo de $1.29 \pm 0.59\%$. Por otra parte, García-Marciano (2015) encontró el máximo valor en el verano de 2014 (1.68 ± 0.03) en *L. argentiventris*, al igual que Santamaría-Miranda *et al.* (2003) en verano de 1993 para organismos de *L. peru* inmaduros.

El κ_1 es utilizado para indicar el estado funcional de los peces. Existen variaciones de los valores del κ_1 que indican energía almacenada en forma de lípidos corporales y proteínas, la cual puede ser movilizadada para enfrentar los requerimientos energéticos durante periodos sin alimentación (González y Oyarzún, 2002).

Los máximos valores de esta variable para *L. colorado* se obtuvieron en verano ($1.27 \pm 0.009\%$) previos a la época de reproducción, resultados que concuerdan con Lucano-Ramírez *et al.* (2014) en la costa de Jalisco, y García (2015) en la costa de Sinaloa para *L. argentiventris*. Al igual que Sánchez-Cárdenas *et al.* (2007) en *Sphoeroides annulatus* (Jenyns, 1842) en Mazatlán y Lucano-Ramírez *et al.* (2014) en el pargo alazán *L. argentiventris*, el κ_1 de *L. colorado* presentó valores altos antes que los puntos máximos del IGS. Después de alcanzar valores máximos, en el κ_1 , el IGS y el FC disminuyeron, lo que resultó en una correlación positiva. Esto podría deberse a que en la preparación para la reproducción se alimentan lo suficiente para satisfacer las demandas requeridas en dicho proceso.

El IGS es considerado un indicador directo del periodo reproductivo de los peces (González y Oyarzún, 2002). Russell y McDougall (2008) mencionan que los valores promedios mensuales del IGS se utilizan para determinar la madurez y la estacionalidad reproductiva. En un estudio para *Lutjanus argenteimaculatus* (Forsskål, 1775) en Queensland, Australia, estos investigadores encontraron que los valores máximos de IGS se presentaron en los meses de octubre a diciembre, resultados que concuerdan con lo encontrado en *L. colorado* ($0.11 \pm 0.008\%$), en la costa norte de Sinaloa, donde en los meses de octubre a diciembre fueron registrados los máximos valores de IGS para esta especie. Por otra parte, Lucano-Ramírez *et al.* (2014) encontraron que el valor máximo de IGS para *L. argentiventris* en la costa de Jalisco, fue en los meses de julio a octubre. También, Lucano-Ramírez *et al.* (2012) estudiaron el pargo *Lutjanus inermis* (Peters, 1869) en la costa de

Jalisco, y encontraron valores máximos de IGS en dos épocas en el año, la primera fue en los meses de febrero-abril y la segunda septiembre-noviembre. Las similitudes en estos resultados podrían deberse a que son organismos de la misma familia, que habitan en regiones costeras, además, se distribuyen en regiones tropicales y subtropicales.

Los índices morfofisiológicos presentaron variaciones a lo largo del ciclo anual y pueden ser utilizados como indicadores del estado fisiológico de *L. colorado*.

Agradecimientos

El presente trabajo fue apoyado económicamente a través de los proyectos: Estado de salud de la población silvestre de *Lutjanus peru*, *Lutjanus guttatus* y *Lutjanus argentiventris* en el océano Pacífico mexicano, SIP 2015O171. Con número de proyecto 166615 / Cb-2011-01 SEP-Conacyt.

Referencias

- Allen, G.R (1985) Snappers of the World: An Annotated and Illustrated Catalogue of Lutjanids Species Known to Date. FAO Fisheries Synopsis, no. 125, vol. 6. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. pp. 125-208.
- Allen, G.R. (1987). Synopsis of the circumtropical fish genus *Lutjanus* (Lutjanidae). In: J.J. Polovina and S. Ralston (eds.), Tropical Snappers and Groupers: Biology and Fisheries Management. Westview Press, Boulder, pp. 33-87.
- Allen, G.R. (1995). Lutjanidae. En: W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter y V.H. Niem (eds.), Guía FAO para la Identificación de Especies para los Fines de la Pesca. Pacífico Centro Oriental. Vol. III, pp. 1231-1244.
- Allen, G.R. (2013). Two new species of snappers (Pisces: Lutjanidae: *Lutjanus*) from the Indo-West Pacific: Journal of the Ocean Science Foundation Vol. vi. pp. 33-51
- Arellano-Martínez, M., Rojas-Herrera, A., García-Domínguez, F., Ceballos-Vázquez, B. P., y Villalejo-Fuerte, M. (2001). Ciclo reproductivo del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) en las costas de Guerrero, México. Revista de biología marina y oceanografía, 36(1), 1-8.
- Collins, A. L., y Anderson, T. A. (1995). The regulation of endogeneous energy stores during starvation and refeeding in the somatic tissues of the golden perch. Journal of Fish Biology, 47(6), 1004-1015.

- Chirichigno, N. (1974). Clave para identificar los peces marinos del Perú. Inf. Inst. Mar. Perú-Callao. 44: 1-388.
- FAO. (2012). El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura. Departamento de pesca y Acuicultura, Roma: 251 pp.
- Gallardo-Cabello, M., Sarabia-Méndez, M., Espino-Barr, E., y Anislado-Tolentino, V. (2010). Biological aspects of *Lutjanus peru* in Bufadero Bay, Michoacán, México: growth, reproduction, and condition factors. Revista de Biología Marina y Oceanografía, 45, 205-215.
- García-Marciano, M. (2015). Determinación de bioquímica sanguínea y análisis morfofisiológicos de la población silvestre del pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869) en la costa Norte de Sinaloa, México.
- González, P., y Oyarzún, C. (2002). Variabilidad de índices biológicos en *Pinguipes chilensis* (Valenciennes, 1833) (Perciformes, Pinguipedidae): Gayana (Concepción), 66(2), 249-253.
- Koporikov, A. R., y Bogdanov, V. D. (2013). Changes in the hepatosomatic index of semianadromous burbot, *Lota lota* L. (Lotidae), in the Ob River depending on fish physiological state and foraging conditions. Russian journal of ecology, 44(3), 233-238.
- Korcock, D. E. Houston A. H, y J. D. Gray. (1988). Effects of sampling conditions on selected blood variables of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, J. Fish Bid 33:319-330.
- Lucano-Ramírez, G., Ruiz-Ramírez, S., González-Sansón, G., y Ceballos-Vázquez, B. P. (2012). Biología reproductiva del pargo *Lutjanus inermis* (Perciformes: Lutjanidae), en el Pacífico central mexicano. International Journal of Tropical Biology and Conservation, 60(1).
- Lucano-Ramírez, G., Ruiz-Ramírez, S., González-Sansón, G., y Ceballos-Vázquez, B. P. (2014). Reproductive biology of the yellow snapper, *Lutjanus argentiventris* (Pisces, Lutjanidae), from the Mexican central Pacific. Ciencias Marinas, 40(1).
- MAG, (1995). Estadísticas de pesca 1995. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección de Recursos Pesqueros y Acuicultura, Departamento de Pesca y Caza, San José, Costa Rica. 50 p.
- Reyes-Montiel, N. J., Santamaría-Miranda, A., Rodríguez-Meza, G. D., Galindo-Reyes, J. G., y González-Ocampo, H. A. (2013, January). Concentrations of organochlorine pesticides in fish (*Mugil cephalus*) from a coastal ecosystem in the southwestern Gulf of California. In Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy (pp. 281-291). Royal Irish Academy.
- Rojas, A. (2001). Aspectos de la dinámica poblacional del huachingo *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) y del flamenco *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) (Pisces: Lutjanidae) del litoral de Guerrero, México (Doctoral dissertation, Tesis de Doctorado, Universidad de Colima, Colima, México).
- Román Vega, M. A. (2013). Valores hematológicos y bioquímica sanguínea de la población silvestre del huachinango *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) en el Pacífico sur de México.

- Russell, D. J., y McDougall, A. J. (2008). Reproductive biology of mangrove jack (*Lutjanus argentimaculatus*) in northeastern Queensland, Australia. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 42(2), 219-232.
- Sánchez-Cárdenas, R., Ceballos-Vázquez, B. P., Arellano-Martínez, M., Valdez-Pineda, M. C., y Morán-Angulo, R. E. (2007). Reproductive aspects of *Sphoeroides annulatus* (Jenyns, 1842) (Tetraodontiformes, Tetraodontidae) inhabiting the Mazatlan coast, Sinaloa, Mexico. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 42(3), 385.
- Santamaría-Miranda, A., Elorduy Garay, J. F., y Rojas Herrera, A. A. (2003). Hábitos alimentarios de *Lutjanus peru* (Pisces: Lutjanidae) en las costas de Guerrero, México. *Revista de biología tropical*, 51(2), 503-517.
- Tyler, A. V., y Dunn, R. S. (1976). Ration, growth, and measures of somatic and organ condition in relation to meal frequency in winter flounder, *Pseudopleuronectes americanus*, with hypotheses regarding population homeostasis. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 33(1), 63-75.

11. Análisis morfofisiológicos de *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) en el Pacífico sur de México

MARTÍN A. ROMÁN VEGA¹

APOLINAR SANTAMARÍA MIRANDA²

JOSÉ ÁNGEL TRIGUEROS SALMERÓN³

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.151.11>

Introducción

El huachinango *Lutjanus peru* es una especie perteneciente al género *Lutjanus* y se distribuye por el Pacífico desde México, en la zona norte del golfo de California hasta el norte de Perú (Allen, 1995). Los organismos juveniles generalmente se localizan en aguas costeras y estuarios de baja profundidad, mientras que los adultos se encuentran próximos a los arrecifes, frecuentemente en fondos rocosos a profundidades que pueden ser mayores a 80 metros (Allen, 1985). Se alimentan de peces e invertebrados, principalmente crustáceos. Los individuos de esta especie llegan a medir hasta 95 cm de longitud total (Allen, 1995).

La variación de los Indicadores morfofisiológicos y bioquímicos durante el ciclo anual refleja los profundos cambios que ocurren en el metabolismo de los peces con la sucesión de las diferentes fases del ciclo reproductivo. Entre esos indicadores se destacan los relacionados con la adiposidad del cuerpo, debido al importante papel de los lípidos como fuente de suministro de energía y material durante la maduración de las células sexuales y el proceso de desove (Claro, 1994).

El factor de condición κ_2 expresa, en peces, la relación volumétrica en función del peso, según la expresión matemática: $\kappa_2 = P100/L^3$, donde

¹ Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0028-3771>

² Doctora en Ciencias Marinas y Costeras. Profesor investigador, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8335-1460>

³ Doctorado en Ciencias Marinas. Profesor investigador titular, Universidad Autónoma de Occidente (UADO), México.

P es el peso en gramos y L la longitud en cm. Dicho factor puede indicar el estado de nutrición de los organismos; el K_2 es un índice de gran utilidad al comparar y cuantificar numéricamente la condición o estado en que el pez se encuentra y se relaciona con una valoración de la textura o estado de delgadez o gordura del organismo. Existen variaciones interespecíficas de K_2 , y para una especie determinada puede variar ampliamente, ya que sobre él influyen entre otros factores: la temperatura, cantidad, calidad de alimento y estado reproductivo (Martínez-Millán, 1987). Asimismo, Murphy *et al.* (1991) mencionan que este índice provee una evaluación útil acerca del estado de bienestar de los peces y representa una forma indirecta de evaluar las relaciones ecológicas y los efectos de diferentes estrategias de manejo, en tanto que Costopoulos y Fonds (1989), señalan que estudios diversos han demostrado que los índices de condición constituyen una medida de las reservas de energía relacionadas con condiciones ambientales, estados de madurez, alimentación o el efecto de parásitos.

El índice de repleción gástrica (IRG) es un parámetro que permite describir los ciclos de alimentación (Holden y Raitt, 1975), además, es un indicador indirecto de la intensidad de alimentación (Claro, 1994). También indica la condición de llenado del estómago (Cardoza Martínez *et al.*, 2011) siendo esta la relación entre el peso del estómago (g) y el peso del pez (g) expresado en porcentaje.

El índice hepatosomático (IH) es un parámetro utilizado para evaluar las modificaciones de las reservas energéticas a lo largo del ciclo gonadal (Love, 1970; Bulow *et al.*, 1978), siendo esta la relación entre el peso del hígado (g) y el peso del pez (g) expresado en porcentaje. Permite inferir sobre el posible estado nutricional de los organismos. Entre mayor es el valor de IH mejor será la condición nutricional de los peces (Santamaría-Miranda *et al.*, 2003).

Resultados y discusión

El índice de repleción gástrica (IRG). No se presentaron diferencias significativas (según Tukey $P < 0.05$) al comparar el IRG de los peces capturados en ambos sitios durante un ciclo anual. En general, los índices alimentarios del huachinango fueron variables durante el ciclo anual. La estación del año donde *L. peru* mostró tener mayor actividad alimentaria fue en invierno en el estado de Guerrero (4.61 ± 1.81 %), mientras que el índice más bajo observó en los peces capturados en Oaxaca durante el otoño (3.60 ± 1.09 %).

El índice hepatosomático (IH) mostró diferencia estadística ($P < 0.05$) tanto entre estaciones del año como entre sitios de muestreo. En el presente estudio el valor más alto se encontró en los peces capturados en el estado de Oaxaca durante la estación de otoño (1.29 ± 0.59 %), mientras que el valor más bajo se observó en los peces de Guerrero durante la estación de invierno (0.85 ± 0.31 %).

El factor de condición (κ_2) es un indicador del estado nutricional y salud de los peces. En el presente trabajo se encontró diferencia significativa ($P < 0.05$) entre estaciones y entre sitios. El factor de condición muestra su valor máximo de los peces capturados en el estado de Oaxaca durante la primavera (1.52 ± 0.13 %), mientras que el más bajo se observó en los peces de Guerrero durante el otoño (1.35 ± 0.06 %). A pesar de encontrar ligeras diferencias en este índice, se puede inferir que el estado de salud de los peces analizados es relativamente constante y homogéneo, tanto entre los peces capturados en Oaxaca como los que se capturaron en Guerrero a lo largo del año.

Los índices morfofisiológicos como el factor de condición (κ_2), índice hepatosomático (IH) e índice de repleción gástrica (IRG) son utilizados generalmente para comparar la condición fisiológica y la condición reproductiva de los peces (Tyler y Dunn 1976). Rojas-Herrera (2001) en un trabajo realizado para *L. guttatus* muestra que el IG y κ_2 presentan la misma tendencia. En dicho estudio se señala que los valores más altos de κ_2 se encuentran durante la época reproductiva, la cual en las costas de Guerrero es más intensa durante los meses de primavera y otoño. El citado estudio también indica que los índices fisiológicos tienden a disminuir en la época de reposo. El factor de condición (κ_2) durante la estación de primavera fue de (1.52 ± 0.13 %) mientras que el valor más bajo se registró en el verano (1.35 ± 0.06 %). Rojas-Herrera (2001) en un trabajo con *L. guttatus* señala

que los valores altos del IH durante los periodos de inactividad reproductiva pueden ser producidos por la acumulación de sustancias de reserva, para ser usados en la reproducción. Lo anterior concuerda con lo encontrado en *L. peru*, ya que el valor mínimo encontrado para IH (0.85 ± 0.31) se registró durante el invierno. Por otra parte, Santamaría-Miranda (2003) en un estudio realizado para *L. peru* encontró el valor máximo de IH durante la estación de verano, situación que difiere de lo encontrado en nuestro estudio debido a que el valor máximo de IH se registró durante el otoño ($1.29 \pm 0.59 \%$). Lo anterior sugiere que existe una variabilidad temporal en dicho índice. En lo que respecta al IRG, el mismo autor señala que uno de los índices máximos encontrados en su estudio fue durante el invierno en el mes de enero, lo anterior coincide con lo encontrado en el presente trabajo ya para nuestros organismos en estudio el valor máximo de IRG se registró durante el invierno (4.61 ± 1.81).

FIGURA 1. Factor de condición (κ_1) del huachinango *L. peru* capturado en una zona prístina (Santo Domingo, Oaxaca) y una zona no prístina (Acapulco, Guerrero) durante un ciclo anual.

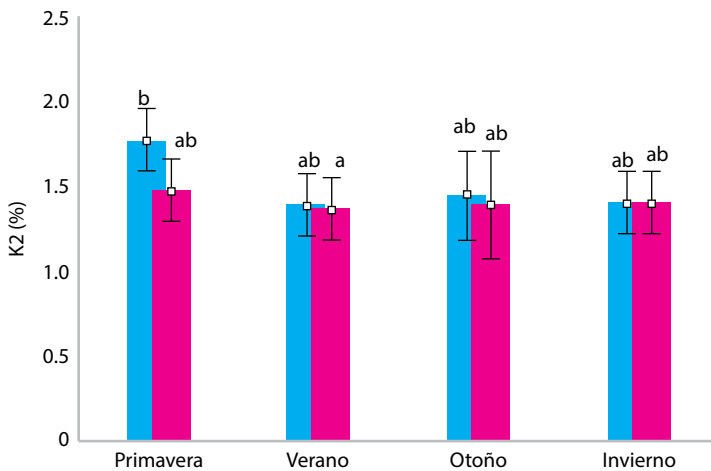


FIGURA 2. Índice hepatosomático (IH) del huachinango *L. peru* capturado en una zona prístina (Santo Domingo, Oaxaca) y una zona no prístina (Acapulco, Guerrero) durante un ciclo anual.

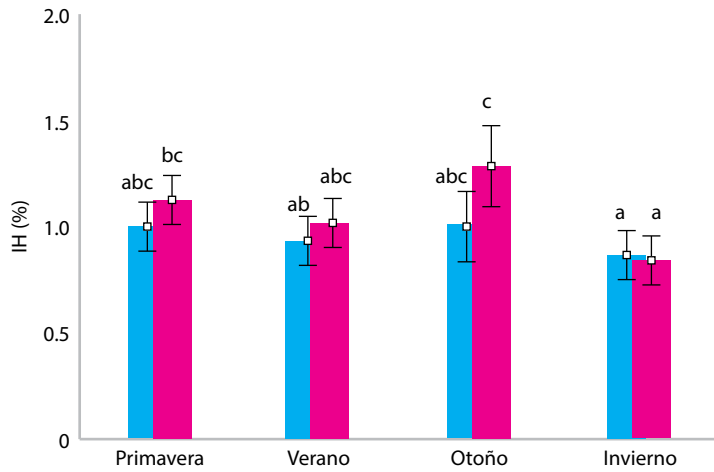
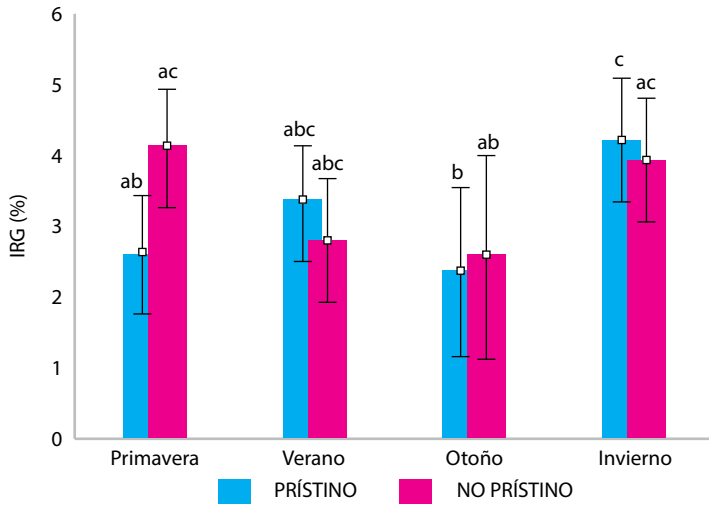


FIGURA 3. Índice de repleción gástrica (IRG) del huachinango *L. peru* capturado en una zona prístina (Santo Domingo, Oaxaca) y una zona no prístina (Acapulco, Guerrero) durante un ciclo anual.



Agradecimientos

El presente trabajo fue apoyado económicamente a través del proyecto: Estado de salud de la población silvestre de *Lutjanus peru*, *Lutjanus guttatus* y *Lutjanus argentiventris* en el océano Pacífico mexicano, SIP 2015O171. Con número de proyecto 166615/Cb-2011-01 SEP-Conacyt.

Referencias

- Allen, G.R (1985) Snappers of the World: An Annotated and Illustrated Catalogue of Lutjanids Species Known to Date. FAO Fisheries Synopsis, no. 125, vol. 6. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. pp. 125-208.
- Allen, G.R. (1995). Lutjanidae. En: W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter & V.H. Niem (eds.), Guía FAO para la Identificación de Especies para los Fines de la Pesca. Pacífico Centro Oriental. Vol. III, pp. 1231-1244.
- Claro, R. (1994). Ecología de los peces marinos de Cuba: Instituto de Oceanología Academia de Ciencias de Cuba. 525 p.
- Martínez- Millán, L. (1987). Métodos de evaluación, control y racionamiento en la alimentación en Acuicultura. CAICYT. J. Espinosa de los Monteros y U. Labarta (Editores) pág. 295-325.
- Holden, M. J., y Raitt, D. F. S. (1975). Manual de Ciencia Pesquera: Parte 2: Métodos para investigar los recursos y su aplicación. Roma: FAO.
- Cardoza Martínez, G. F., Estrada Rodríguez, J. L., Alonzo Rojo, F., Mar Tovar, C. L., y Gewlick, F. (2011). Espectro trófico del bagre *Ictalurus punctatus* (Siluriformes: Ictaluridae), en la presa Lázaro Cárdenas, Indé, Durango, México. Hidrobiológica, 21(2), 210-216.
- Love, R. M. (1970). The chemical biology of fishes. Academic press, London, and New York.
- Bulow, F. J., Coburn Jr, C. B., y Cobb, C. S. (1978). Comparisons of two bluegill populations by means of the RNA-DNA ratio and liver-somatic index. Transactions of the American Fisheries Society, 107(6), 799-803.
- Santamaría-Miranda, A., Elorduy Garay, J. F., y Rojas Herrera, A. A. (2003). Hábitos alimentarios de *Lutjanus peru* (Pisces: Lutjanidae) en las costas de Guerrero, México. Revista de biología tropical, 51(2), 503-517.
- Tyler, A. V., y Dunn, R. S. (1976). Ration, growth, and measures of somatic and organ condition in relation to meal frequency in winter flounder, *Pseudopleuronectes americanus*, with hypotheses regarding population homeostasis. Journal of the Fisheries Board of Canada, 33(1), 63-75.

Rojas-Herrera, A. A. (2001). Aspectos de dinámica de poblaciones del huachinango *Lutjanus peru* (Nichols y Mmurphy, 1922) y del flamenco *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) (Pisces: Lutjanidae) del litoral de Guerrero, México. Aspectos de dinámica de poblaciones del huachinango *Lutjanus peru* (Nicholas y Murphy, 1922) y del flamenco *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) (Pisces: Lutjanidae) del litoral de Guerrero, México.

PARTE 4

REPRODUCCIÓN

12. Estadios gonádicos de *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) en el Pacífico Norte de México

JESÚS FRANCISCO ESCÁRREGA ROMÁN¹

MÁXIMO GARCÍA MARCIANO²

MARCO ANTONIO LIERA SANDOVAL³

PEDRO HERNÁNDEZ SANDOVAL⁴

APOLINAR SANTAMARÍA MIRANDA⁵

JUAN PABLO APÚN MOLINA⁶

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.151.12>

Introducción

El análisis reproductivo nos permite conocer el proceso de madurez de las gónadas, los cambios normales y anormales que ocurren en esta y la salud reproductiva de los peces, lo que permite identificar los problemas potenciales que existen en los sitios de monitoreo (Blazer, 2002). En los peces teleósteos, los mecanismos de crecimiento de los ovocitos son muy similares y se dividen en cuatro etapas principales. Durante el crecimiento primario, se forman múltiples nucléolos y se observan cuerpos de Balbiani, los cuales eventualmente se dispersan en el ooplasma. El segundo estado, dependiente de las gonadotropinas, involucra la formación de vesículas del vitelo. En la tercera etapa, la vitelogenina es secuestrada de la sangre materna y empaquetada en forma de gránulos o esferas. La maduración representa la última etapa, donde los ovocitos son hidratados y expulsados al exterior para su fecundación (Wallace y Selman, 1981).

¹ Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0009-0000-2316-9931>

² Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6530-5954>

³ Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0009-0001-0524-6371>

⁴ Doctor Ciencias Biológico Agropecuarias. Profesor investigador en el Departamento Académico de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Los Mochis. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7005-4555>

⁵ Doctora en Ciencias Marinas y Costeras. Profesora investigadora, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8335-1460>

⁶ Doctor en Ciencias en Biotecnología. Profesor investigador, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9006-8882>

En *Lutjanus peru*, Lucano-Ramírez *et al.* (2001^a), describen las características que presentan los ovocitos y dividen su desarrollo en 7 fases, donde los ovocitos presentan un diámetro ascendente hasta alcanzar la madurez (fase I: 115-125.5 μm de diámetro, fase II: 75-175 μm , fase III: 100-225 μm , fase IV: 147-333.2 μm , fase V: 196-441 μm , fase VI: 245-396.2 μm y fase VII: 264.6-395.8 μm). Asimismo, el grosor de la túnica ovárica y túnica albugínea se incrementan notablemente conforme maduran los ovocitos y los espermatozoides, respectivamente (Ramírez *et al.*, 2001^b).

También en *L. peru*, Santamaría-Miranda *et al.* (2003) caracterizan las gónadas en cinco estadios, de acuerdo con el tamaño característico de los ovocitos. Las gónadas inmaduras (presencia de ovocitos I con diámetro de 4-9 μm), gónadas en desarrollo (presencia de ovocitos II con diámetro de 16-23 μm y en menor cantidad ovocitos I), gónadas desarrolladas (presencia de ovocitos III con diámetro de 32-46 μm y en menor proporción ovocitos I y II), gónadas maduras (presencia de ovocitos IV con diámetro de 60-96 μm y ovocitos V con diámetro de 122-270 μm , en menor grado ovocitos I, II y III) y gónadas en desove (predominan los ovocitos IV y V, aunque también están presentes los ovocitos I, II y III en baja densidad. Aparecen ovocitos hidratados y folículos posovulatorios).

La caracterización de los estadios gonádicos en machos también se divide en los mismos cinco estadios. *L. peru* presenta desarrollo gonadal asincrónico, de dos a tres desoves al año (desde abril a noviembre) y longitud de primera madurez para las hembras de 29.5 cm de longitud furcal (Santamaría-Miranda *et al.*, 2003). Para determinar la fecundidad de los ovocitos es necesario considerar el número de los mismos que presentan alveolos corticales a través de las fases de madurez a lo largo de la temporada de desove (Fernandes *et al.*, 2016).

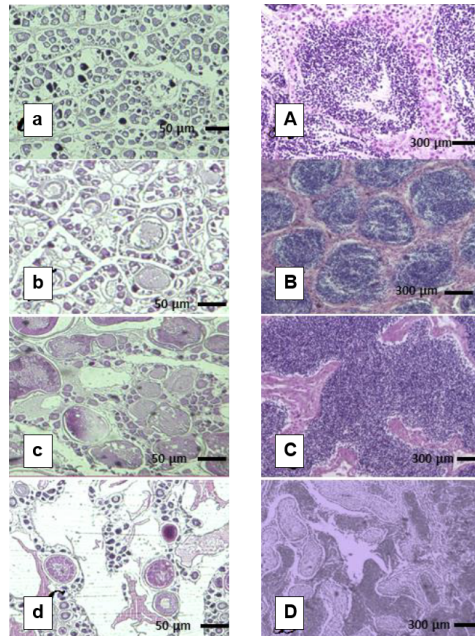
La aplicación de histología en *L. peru* se guio como objetivo para conocer el proceso reproductivo, determinar la madurez de las gónadas en sus distintas etapas, los cambios normales y anormales en estas, permitiendo, de esta manera, conocer la salud reproductiva de *L. peru* en las zonas muestreadas.

Resultados y discusiones

Se monitorearon dos zonas del noreste de México de marzo de 2015 a febrero de 2016, en tres estaciones diferentes (primavera, verano y otoño), la primera zona fue en el puerto de Mazatlan y la segunda en el puerto de Topolobampo. Los huachinangos fueron capturados con la ayuda de pescadores locales.

Se observaron peces adultos con desarrollo ovárico asincrónico (Figura 1: b, c, d, e), con gónadas en diferentes estados de madurez ocurriendo simultáneamente, tanto en Mazatlán como en Topolobampo, con un mayor número de peces con gónadas maduras en verano (37.7% de los peces presentaron gónadas en desarrollo, desarrolladas, maduras o en desove) y en menor número en otoño (27.6%). En invierno y primavera no se encontraron peces con gónadas desarrolladas o maduras.

FIGURA 1. Ciclo reproductivo del Huachinango (*Lutjanus peru*).



a.- Gónadas en desarrollo, **b.-** Gónadas desarrolladas, **c.-** Gónadas maduras, **d.-** Gónadas post desove, **A.-** Testes en desarrollo, **B.-** Testes desarrolladas, **C.-** Testes maduras, **D.-** Testes posdesove.

Análisis reproductivo y talla de primera madurez. Un ovario asincrónico contiene ovocitos en todas las etapas de desarrollo y se presenta en especies que desovan varias veces durante un largo periodo de reproducción (Mc-Millan, 2007). El desarrollo asincrónico de las gónadas es una característica común de los peces de mares tropicales y subtropicales, lo hacen de esta manera como estrategia reproductiva (Nikolski, 1963).

En este estudio, los organismos presentaron este tipo de desarrollo gonadal, coincidiendo con lo reportado por Lucano-Ramírez *et al.* (2001b) y Santamaría-Miranda *et al.* (2003). En la mayoría de los peces se observaron gónadas inmaduras (59-89 %) y en desarrollo (8.6-29 %), aun en la estación de verano, cuando se observó el mayor número de peces con gónadas maduras (22.2 %). Esto quizás se debió a que los peces capturados fueron de tallas pequeñas (26.6 cm en promedio), dado que Lucano-Ramírez *et al.* (2001) relacionan el tamaño de los organismos con la madurez de las gónadas, y reportan las gónadas maduras en organismos de 48 cm.

En Guerrero, Rojas-Herrera (2001) reporta gónadas maduras en marzo y agosto, pero un número mayor de estas durante agosto, coincidiendo en esto último con el presente estudio. Santamaría-Miranda *et al.* (2003) reportan que *L. peru* se reproduce durante todo el año debido a la poca variabilidad del ambiente de las costas de Guerrero, así como la talla promedio de primera madurez de 29 cm, mientras que Rojas-Herrera (2001) reporta una talla promedio de primera madurez de 29.5 cm. Coincidiendo con estos autores, en el presente estudio se encontró una talla de primera madurez entre los 26-30 cm. Rojas-Herrera (2001) reportó para *L. peru* una proporción sexual de 1.00:2.35 (machos:hembras), muy cercana a la reportada en el presente estudio (1:2 machos:hembras), atribuyendo esto a que hembras y machos no comparten caladeros, además que los machos son menos susceptibles a las artes de pesca o que existe un mayor número de hembras que machos en las costas de Guerrero.

Sin embargo, en este estudio, los organismos más grandes se capturaron durante el invierno, donde solo se encontraron gónadas inmaduras y en desarrollo. Estos mismos autores reportan haber encontrado el mayor número de gónadas maduras de *L. peru* en otoño, en un estudio realizado en las costas de Jalisco, coincidiendo con el presente estudio en que en primavera e invierno solo se encontraron gónadas inmaduras y en desarrollo.

Referencias

- Blazer, V. S. (2002). Histopathological assessment of gonadal tissue in wild fishes. *Fish Physiology and Biochemistry*, 26(1), 85-101.
- Fernandes, C. A. F., Oliveira, P. G. V., Oliveira, C. H. B., Hazin, F. H. V., y Travassos, P. (2016). Oocyte development and fecundity type of the Brazilian Snapper *Lutjanus alexandrei* (Moura y Lindeman, 2007) (Perciformes: Lutjanidae). *Brazilian Journal of Biology*, (AHEAD), 128 p.
- Lucano-Ramírez, G., Santa-Cruz, M. V., y Ruiz-Ramírez, S. (2001). Cambios estructurales en las gónadas de *Lutjanus peru* (Pisces: Lutjanidae), en la Costa sur de Jalisco, México. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 35(3).
- McMillan, D. B. (2007). *Fish histology: female reproductive systems*. Springer Science & Business Media. The Netherlands. 598 p.
- Nikolski, G. V. (1963). *The ecology of fishes*. Academic Press.
- Ramírez, G. L., Santa Cruz, M. V., y Ramírez, S. R. (2001). Cambios estructurales en las gónadas de *Lutjanus peru* (Pisces: Lutjanidae), en la Costa sur de Jalisco, México. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 35(3).
- Rojas-Herrera, A. A. (2001). Aspectos de dinámica de poblaciones del huachinango *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) y del flamenco *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) (Pisces: Lutjanidae) del litoral de Guerrero, México.
- Santamaría-Miranda, A., Elorduy Garay, J. F., y Rojas Herrera, A. A. (2003). Hábitos alimentarios de *Lutjanus peru* (Pisces: Lutjanidae) en las costas de Guerrero, México. *Revista de biología tropical*, 51(2), 503-517.
- Wallace, R. A., y Selman, K. (1981). Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. *American Zoologist*, 21(2), 325-343.

13. Análisis del desarrollo gonádico de *Lutjanus colorado* (Jordan y Gilbert, 1882) en el Pacífico Norte de México

CLAUDIA IMELDA CERVANTES MEJÍA¹

APOLINAR SANTAMARÍA MIRANDA²

MÁXIMO GARCÍA MARCIANO³

JUAN PABLO APÚN MOLINA⁴

MIRELLA SAUCEDO LOZANO⁵

REFUGIO RIQUELMER LUGO GAMBOA⁶

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.151.13>

Introducción

La mayoría de los pargos son especies demersales, comunes especialmente en mares tropicales, pero también subtropicales y templados; habitan desde aguas costeras hasta profundidades considerables (sobre el talud continental). Algunas especies viven en estuarios de aguas salobres, pudiendo penetrar en ríos, sobre todo durante la fase juvenil; suelen encontrarse también en lagunas hipersalinas. Algunos pargos pueden formar cardúmenes. Todos son depredadores activos durante la noche, al amanecer y durante el crepúsculo. Se alimentan principalmente de organismos demersales, inclusive crustáceos y peces, a veces, también de sepias y vermes. La carne es muy estimada por su excelente gusto, aunque algunas especies pueden causar envenenamiento por ciguatera (Fischer *et al.*, 1995).

¹ Maestra en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID <http://orcid.org/0009-0004-5128-4506>

² Doctora en Ciencias Marinas y Costeras. Profesora investigadora, CIIDIR Unidad Sinaloa. Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8335-1460>

³ Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6530-5954>

⁴ Doctor en Ciencias en Biotecnología. Profesor investigador Titular C, Ciidir Unidad Sinaloa. Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9006-8882>

⁵ Maestra en Ciencias. Profesora investigadora de tiempo completo en el Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras de la Universidad de Guadalajara, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4566-6266>

⁶ Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0009-0003-9564-4326>

Las especies de la familia *Lutjanidae* son uno de los principales recursos pesqueros en la plataforma de la zona tropical y subtropical, gracias a su excelente calidad y alto valor de mercado. De acuerdo con datos de la FAO en el 2010, las capturas mundiales de pargos alcanzan las 90 000 toneladas métricas (TM) anuales, solo por la pesca comercial.

Los Lutjanidos son peces que tienen desarrollo gonadal asincrónico, de manera que se pueden encontrar ovocitos en distintas fases de desarrollo en una misma gónada. Presentan desoves múltiples, permitiendo la reproducción a lo largo del año (Santamaría-Miranda *et al.*, 2003). Asimismo, alcanzan su madurez sexual antes de los tres años (Claro, 1981; Pozo *et al.*, 1983). Santamaría-Miranda *et al.* (2003) al estudiar *Lutjanus peru* observaron que la talla de primera madurez en hembras se estimó en 29.5 cm de longitud furcal y el desove se observó a temperaturas superficiales del mar que oscilan de 27.5 a 30.5 °C.

En el presente trabajo de investigación se realizó un análisis de una población silvestre de *Lutjanus colorado* con el objetivo de conocer la biología reproductiva de la especie, para así establecer su manejo y definición de las estrategias de su pesquería que permitan establecer las bases para su explotación sostenible. *Caracteres distintivos:* *Lutjanus colorado* posee un preopérculo con escotadura y tubérculo poco acentuados; placa de dientes vomerinos semilunar, sin una extensión posterior mediana; lengua con una o más áreas de dientes granulares; 11 o 12 branquiespinas en la rama inferior del primer arco branquial. Aleta dorsal con X espinas y 13 o 14 radios blandos; aleta anal con III espinas y ocho radios blandos; perfil posterior de las aletas dorsal y anal anguloso; las aletas pectorales presentan de 16 a 17 radios; aleta caudal truncada. Su cuerpo y aletas presentan una coloración enteramente rojo-anaranjados. Los ejemplares jóvenes poseen franjas transversales. La talla mayor de la cual se tiene registro es de 91 cm de longitud total (Allen, 1985; Santamaría-Miranda *et al.*, 2003).

Distribución: *L. colorado* habita en ambientes costeros, ya sea de agua marina, dulce y salobre. Puede vivir a una profundidad de aproximadamente 70 m, son generalmente solitarios y los juveniles se encuentran aún más cerca de la costa, encontrados también en estuarios. Se distribuyen desde el océano Pacífico oriental desde el sur de California hasta Panamá. Rara vez encontrado en Baja California Norte (Allen, 1985). *Alimentación:* consiste

en crustáceos móviles bentónicos (camarones/cangrejos) y peces óseos, aunque varía dependiendo de la edad del pez (Allen, 1985). Las larvas del Pargo colorado, al igual que la de todos los peces de la familia *Lutjanidae*, se alimentan fundamentalmente de zooplancton. Los juveniles de mayor talla que habitan los fondos marinos consumen una gran variedad de invertebrados bentónicos, principalmente crustáceos, larvas o juveniles, los adultos de *L. colorado* son depredadores oportunistas y eurípagos, que consumen una gran diversidad de presas, aunque los crustáceos y los peces constituyen el alimento principal de muchas especies. Pueden consumir, en menor proporción, invertebrados como moluscos, poliquetos y crustáceos (Allen, 1985). El conocimiento de los ritmos que conducen el proceso reproductivo es de vital importancia para el manejo adecuado de los recursos pesqueros y la piscicultura, por lo que se deben definir las características de la gametogénesis, la maduración sexual, el ciclo reproductivo anual y la ecología del desove de cada especie (Claro, 1987).

En cautiverio es imposible reunir todos los parámetros ambientales en los que madura un organismo silvestre, por lo que se tiende a controlar aquellas variables que, según los conocimientos actuales, tienen mayor incidencia sobre el desarrollo del ciclo reproductivo. Una de las variables más importantes para las especies de peces cultivadas es el fotoperiodo, por sí solo, o en conjunto con la temperatura, lo cual permite un control relativamente fácil y es utilizado en la mayoría de las granjas de cría de especies como el salmón *Salmo salar* (Linnaeus, 1758) la dorada *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758) y la lubina *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758) (Johnston *et al.*, 1990; Roberts y Bromage, 1995). El modo de acción de los cambios en el fotoperiodo es a través de la glándula pineal, donde ocurre la síntesis y secreción de melatonina, la cual estimula los receptores que existen en la región preóptica y en el hipotálamo. Ambas regiones del encéfalo responden a la melatonina sintetizando y liberando el factor liberador de la gonadotropina (Gonadotropin releasing factor o GnRH, por sus siglas en inglés) (Carrillo *et al.*, 2000; Bromage *et al.*, 2001). En *L. peru*, se han reportado desoves con una fecundidad entre 15 584 ovocitos/Kg y 41 675 ovocitos/Kg de peso corporal y eclosión a las 24 h de 90 % cuando los huevos estaban a una temperatura de 25 °C (Pintos-Terán *et al.*, 2016).

Mientras que se ha sugerido que los Lutjánidos son un grupo con gran potencial para la acuicultura (Silva, 2003), los intentos de domesticación para pargos son aún limitados.

Se han realizado distintas investigaciones con respecto al ciclo reproductivo de la familia *Lutjanidae*, entre ellos destacan el realizado en las costas de Guerrero en 2001, donde se determinó que el pargo lujanero *Lutjanus guttatus* presenta dos periodos reproductivos principales, en los meses de marzo-abril y agosto-noviembre (Arellano-Martínez *et al.*, 2001). Por otra parte, en el Pacífico central mexicano, se estableció la biología reproductiva del pargo alazán *L. argentiventris* encontrando que su temporada reproductiva es de julio a septiembre, con un máximo de actividad reproductiva en agosto (Lucano-Ramírez *et al.*, 2001).

Al considerar el alto potencial de *L. colorado* para ser una especie cultivada en cautiverio, se describió el desarrollo embrionario, concluyendo que es similar a la descrita para especies de la misma familia. (Abdo-De la Parra *et al.*, 2014) obtuvieron medidas de 0.77 ± 0.09 mm de diámetro y la gota de aceite 0.14 ± 0.01 mm, bajo condiciones específicas se observó el desarrollo embrionario, presentándose la primera división a las 0.05 horas post fertilización (HPF). La eclosión se llevó a cabo a las 17:22 HPF. Las larvas recién eclosionadas midieron 1.8 ± 0.1 mm de longitud total (LT). Sin embargo, no hay estudios reportados sobre el ciclo reproductivo y desarrollo gonádico de la especie *Lutjanus colorado* y su relación con las variables ambientales.

La especie *L. colorado* forma parte de las capturas pesqueras ribereñas la cual posee una gran demanda en el mercado local y nacional de gran importancia para el consumo humano. Con la realización de este estudio, se pretende contribuir al conocimiento de la biología reproductiva para apoyar su manejo sustentable y la tecnología del cultivo.

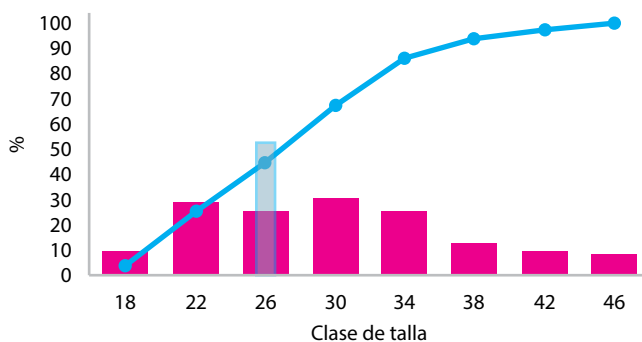
Resultados y discusión

La proporción sexual. Se capturaron y analizaron un total de 147 individuos (41 ejemplares en primavera, 36 en verano, 32 en otoño y 38 ejemplares en invierno), 38 de los cuales eran indiferenciados (no poseían diferenciación

en sus células germinales, haciendo imposible su sexado) representando 26 % de la población, 68 machos (46 %) y 41 hembras (28 %) obteniéndose una proporción sexual de 1.4:0.6 (M:H). En el análisis de la proporción sexual en el presente estudio fue de 1.4:0.6 (M:H), difiriendo con lo reportado por Rojas-Herrera (2001) 1:2.35 (M:H) y por Liera-Sandoval (2016) 1:2 (H:M) ambos para la especie de *L. peru* atribuyendo esta proporción a que las hembras y los machos no comparten los mismos nichos, siendo las hembras más susceptibles a la pesca artesanal, por su necesidad del desove en aguas someras. Sin embargo, en el presente estudio, cierta proporción de organismos se clasificó como indiferenciados, al no poseer gametos identificables, que podría deberse a que eran organismos pequeños (entre 18 y 22 cm) se considera que a causa de que *L. colorado* es una especie de tallas más pequeñas y de menos longevidad.

La talla de primera madurez se presentó en la clase de talla de 26 a 30 cm, ubicándose aproximadamente en 27 cm, esto quiere decir que 50 % de los organismos están activos sexualmente cuando llegan a esta longitud (Figura 1). En relación al análisis de la talla de primera madurez Santamaría-Miranda *et al.* (2003) reportan para *L. peru* una talla de primera madurez de 29 cm, mientras que Rojas-Herrera (2001) la reporta de 29.5 cm. Siendo diferente para *Lutjanus colorado* en el presente estudio, en el cual, la talla de primera madurez fue de 27 cm aproximadamente, lo cual consideramos que se debe a que *L. colorado* es una especie de tallas más pequeñas y de menos longevidad.

FIGURA 1. Talla de primera madurez de *Lutjanus colorado*.



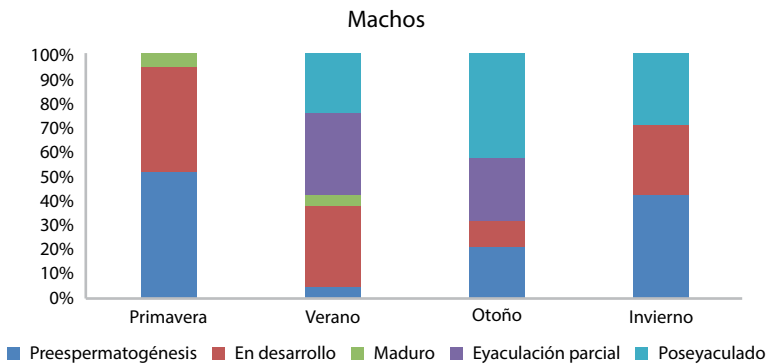
Durante el ciclo anual se obtuvieron 5 estadios gonadales en la caracterización, los cuales van desde organismos previtelogénicos/preespermato-génicas hasta organismos posdesovados/poseyaculados, pasando por las fases de en desarrollo, madurez y desove/eyaculación parcial.

Ciclo reproductivo. Las etapas gametogénicas observadas en los organismos mediante el análisis histológico de las gónadas mostraron cuatro de los niveles de gametogénesis descritos por Santamaría Miranda *et al.* (2003), adicionando un quinto nivel: Etapa 1 (previtelogénesis/preespermato-génesis); Etapa 2 (en desarrollo); Etapa 3 (madurez); Etapa 4 (desove/eyaculación parcial); Etapa 5 (posdesove/poseyaculación). El estado gonadal del organismo fue descrito de acuerdo con el estadio que dominaba el folículo seleccionado de cada muestra.

Machos: se observó una actividad gonádica constante durante el ciclo anual, siendo la primavera y el invierno las estaciones con el mayor número de organismos en preespermato-génesis, el verano se caracterizó por gónadas en desarrollo y con eyaculaciones parciales, por lo tanto, el mayor número de organismos poseyaculados se encontraron en otoño.

En verano se presentaron los cinco estadios gonádicos, siendo esta la estación con mayor actividad gonádica (Figura 2).

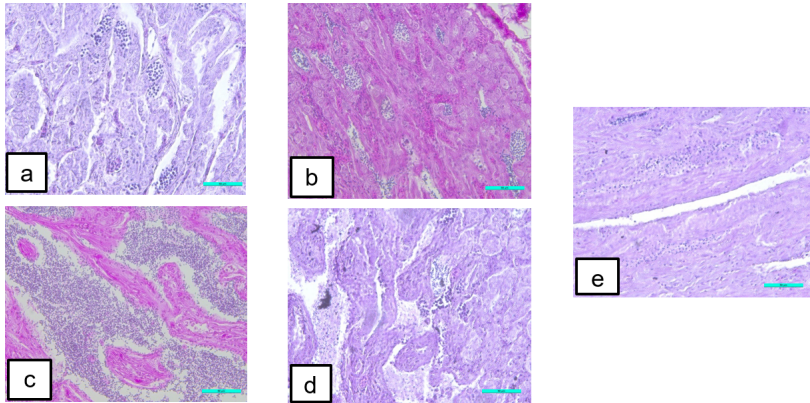
FIGURA 2. Frecuencia relativa (%) mensual de las distintas etapas del desarrollo gonádico de machos (n=68) del pargo colorado *Lutjanus colorado*, en el sistema lagunar San Ignacio-Navachiste-Macapule.



Durante el ciclo anual se observaron a los organismos machos en distintas etapas gonádicas, obteniendo 15 organismos en previtelogénesis, 20

en desarrollo, 2 organismos maduros; en 12 láminas pudieron apreciarse gónadas eyaculadas parcialmente y 15 poseyaculados. (Figura 3).

FIGURA 3. *Microfotografías de gónadas de machos de Lutjanus colorado en distintas etapas del desarrollo (40X)*

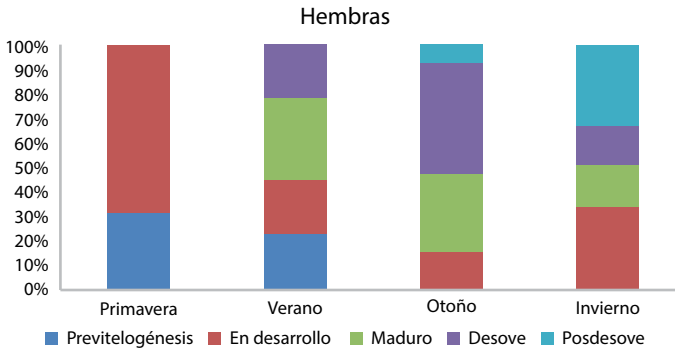


a.- Preespermátogénesis, **b.-** En desarrollo, **c.-** Madurez, **d.-** Eyaculación parcial, **e.-** Poseyaculación.

Hembras: se observó una actividad gonádica constante durante el ciclo anual, siendo la primavera con el mayor número de organismos en desarrollo; el verano se caracterizó por gónadas maduras, por lo tanto, el mayor número de organismos desovados fue en otoño. Mientras que el más alto porcentaje de posdesove fue en invierno.

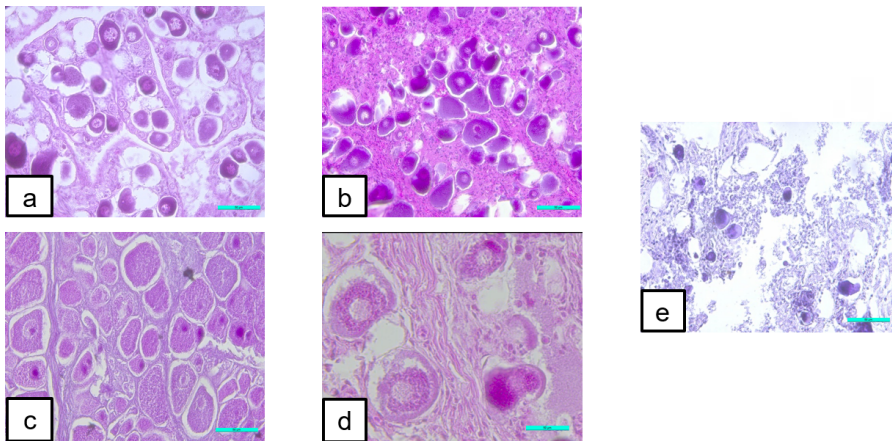
A diferencia de los machos, en hembras no se presentaron los cinco estadios gonádicos en una estación, sin embargo, se puede decir que primavera fue la estación con menor actividad gonádica (Figura 4).

FIGURA 4. Frecuencia relativa (%) estacional de las distintas etapas del desarrollo gonádico de hembras (n=41) del pargo colorado *Lutjanus colorado*, en el sistema lagunar San Ignacio-Navachiste-Macapule.



Durante el ciclo anual se observaron 5 etapas gonádicas, obteniendo 6 organismos en previtelogénesis, 15 en desarrollo, 8 organismos maduros; 9 de las láminas presentaban desoves parciales y 3 de ellas desoves totales, con algunas reminiscencias (Figura 5).

FIGURA 5. Microfotografías de gónadas de hembras de *Lutjanus colorado* en distintas etapas del desarrollo (40X).



a.- Previtelogénesis, b.- En desarrollo, c.- Madurez, d.- Desove, e.- Posdesove.

La maduración gonadal en *L. colorado* se presentó a finales de verano y principios del otoño, donde la morfología de los ovocitos se observó en los máximos estadios de maduración. *L. colorado*, como otras especies de pargos, presenta ovocitos vitelogénicos y desoves parciales durante el verano y estación reproductiva importante a lo largo del otoño.

El pargo colorado *L. colorado* presentó un periodo reproductivo importante en el año, presentándose en verano-otoño, coincidiendo con el ciclo reproductivo de *L. guttatus* de acuerdo con Arellano-Martínez *et al.* (2001). Asimismo, con el pargo alazán *L. argentiventris* presentó una fase reproductiva en las mismas estaciones que la especie en estudio (Lucano-Ramírez *et al.*, 2001).

Referencias.

- Abdo-De la Parra, M. I., N. García-Aguilar, LE: Rodríguez-Ibarra, G. Velasco-Blanco y L. Ibarra-Castro (2014). Desarrollo Embrionario del Pargo Colorado *Lutjanus colorado* (Jordan y Gilbert, 1882). *International Journal of Morphology* 32(3): 902-908.
- Allen, G. R. (1985). Snappers of the world: an annotated and illustrated catalogue of lutjanid species known to date.
- Arellano-Martínez, M., A. Rojas-Herrera, F. García-Domínguez, BP. Ceballos-Vázquez y M. Villalejo-Fuerte (2001). Ciclo reproductivo del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) en las costas de Guerrero, México. *Revista de biología marina y oceanografía* 36(1): 1-8.
- Bromage, N., M. Porter, y C. Randal, (2001). The environmental regulation of maturation in farmed finfish with special reference to the role of photoperiod and melatonin. *Aquaculture* 197(1): 63-98.
- Carrillo, M., S. Zanuy, F. Oyen, J. Cerdá, JM. Navas y J. Ramos, (2000). Some criteria of the quality of the progeny as indicators of physiological broodstock fitness. *Recent advances in Mediterranean aquaculture finfish species diversification* 47.
- Claro, R. (1981). Ecología y ciclo de vida del parpo criollo, *Lutjanus analis* (Cuvier), en la plataforma cubana. *Inf. Ceint.-Téc., Acad. Cienc. Cuba* 186: 1-83.
- Claro, R. (1987). *Ecología de los peces marinos de Cuba*.
- Johnston, CE., SR. Farmer, RW. Gray y M. Hambrook (1990). Reconditioning and reproductive responses of Atlantic salmon kelts (*Salmo salar*) to photoperiod and temperature manipulation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 47(4): 701-710.
- Liera-Sandoval, M. A. (2016). Respuesta de variables fisiológicas, hematológicas, bio-

- químicas y reproductivas en la especie *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1992): Comparación de estacionalidad y lugar.
- Lucano-Ramírez, G., M. Villagrán-Santa Cruz, S. Ruiz-Ramírez, y T. López-Murillo (2001). Histología de los ovocitos de *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) (Pisces: Lutjanidae). *Ciencias Marinas* 27(3).
- Pintos-Terán, P. A., M. O. Rosales, S. Dumas, H. Pliego-Cortés y J. P. Alcantar (2016). Características reproductivas del Huachinango del Pacífico (*Lutjanus peru*) en cautiverio.
- Pozo, E., L. Espinosa, y M. Guardiola (1983). Aspectos preliminares de la biología del sesí (*Lutjanus buccanella* Cuvier, 1828) en la plataforma suroriental de Cuba. *Revista Cubana de Investigación Pesquera* 8(3): 1-28.
- Roberts, R. J. y N. R. Bromage (1995). *Broodstock management and egg and larval quality*, Blackwell Science.
- Rojas-Herrera, A. A. (2001). Aspectos de dinámica de poblaciones del huachinango *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) y del flamenco *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) (Pisces: Lutjanidae) del litoral de Guerrero, México.
- Santamaría-Miranda, A., J. F. Elorduy-Garay, M. Villalejo-Fuerte y A. A. Rojas-Herrera (2003). Desarrollo gonadal y ciclo reproductivo de *Lutjanus peru* (Pisces: Lutjanidae) en Guerrero, México. *Revista de biología tropical* 51(2): 489-502.
- Santamaría-Miranda, A., M. Saucedo-Lozano, y M. N. Herrera-Moreno (2005). Hábitos alimenticios del pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* y del pargo rojo *Lutjanus colorado* (Pisces: Lutjanidae) en el norte de Sinaloa, México. *Revista de biología marina y oceanografía* 40(1): 33-44.
- Silva, A. (2003). Culture of Chilean flounder. *Practical flatfish culture and stock enhancement*: 30-45.

Parte 5

BIOQUÍMICA SANGUÍNEA

14. Análisis de la bioquímica sanguínea de *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) comparación de estacionalidad y lugar

MARCO ANTONIO LIERA SANDOVAL¹

MARTÍN ARMANDO ROMÁN VEGA²

MÁXIMO GARCÍA MARCIANO³

APOLINAR SANTAMARÍA MIRANDA⁴

JUAN PABLO APÚN MOLINA⁵

MARÍA DE LOS ÁNGELES ESPINOSA HEREDIA⁶

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.14>

Introducción

Los Lutjánidos son las especies objetivo de la pesquería artesanal en los estados costeros del océano Pacífico en México, porque son especies de gran demanda en el mercado durante todo el año. La especie *Lutjanus peru* es la más importante en cuanto a volúmenes de captura, además de ser de excelente sabor y color atractivo (Nelson, 2006). Su captura es, en su mayoría, artesanal, por lo que provee de empleo y recursos económicos a una gran cantidad de pescadores. Aunado a esta actividad pesquera existen otras actividades humanas que contaminan y modifican los ecosistemas costeros y marinos, así como la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua, lo cual es muy probable que impacte en la salud de *L. peru* y otros peces.

¹ Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0009-0001-0524-6371>

² Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0028-3771>

³ Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6530-5954>

⁴ Doctora en Ciencias Marinas y Costeras. Profesora Investigadora, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8335-1460>

⁵ Doctor en Ciencias en Biotecnología. Profesor investigador, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9006-8882>

⁶ Doctora en ciencias Aplicadas al Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales. Centro de Estudios "Justo Sierra"/CIDE, México. ORCID: <http://orcid.org/0009-0001-0985-2934>

Los parámetros hematológicos se han utilizado para intentar determinar el estado fisiológico y nutricional en diferentes especies de peces, adquiriendo gran importancia en la valoración de las presiones ambientales y estresantes, así como en el diagnóstico de enfermedades (Korcock *et al.*, 1988). Sin embargo, los estudios están limitados por la falta de valores estándares o basales, que sirvan como referencia para valorar los cambios fisiológicos de los peces (Coz-Rakovac *et al.*, 2005; Tavares-Días y Morales, 2007).

Algunos estudios sobre hematología de peces han demostrado que las variaciones en las condiciones ambientales como temperatura, pH y oxígeno disuelto, entre otros, causan modificaciones fisiológicas en los niveles de algunos parámetros sanguíneos como el número de eritrocitos, leucocitos, hemoglobina, volumen corpuscular medio (VCM), la concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM) y la hemoglobina corpuscular media (HCM) (Jerónimo *et al.*, 2011). Además, se ha determinado que estos pueden estar influenciados por numerosos factores tales como la especie, la edad, el fotoperiodo, sexo, condición fisiológica (De Pedro *et al.*, 2004).

Debido a las fluctuaciones en las variables sanguíneas asociadas al bajo desempeño en crecimiento de los Lutjánidos en cultivo, la determinación de su estado fisiológico a través de la caracterización y evaluación bioquímica de la sangre ha tomado gran relevancia (Svoboda *et al.*, 2001). Al momento, es necesario utilizar tantos indicadores como sea posible para obtener un cuadro del estado general de los peces, debido a que aún no se han establecido claramente las variables bioquímicas y los niveles que definen una alteración relacionada directamente con una variable ambiental o patológica específica.

Se ha descrito que la concentración de proteínas, colesterol, triacilglicéridos y lípidos totales varían en relación con la densidad del cultivo, en época reproductiva (Svoboda *et al.*, 2001), a la salud de los peces (Coz-Rakovac *et al.*, 2005), además de las variaciones ambientales (De Pedro *et al.*, 2005; Congleton y Wagner, 2006).

Los trabajos realizados sobre *L. peru* en el Pacífico mexicano abordan básicamente aspectos biológico-pesqueros, como edad y crecimiento (Castro, 1981; Cruz-Romero *et al.*, 1991) y madurez sexual (Cruz-Romero *et al.*, 1991; Reyna-Trujillo, 1993). Al momento no existen trabajos publicados

que describan los parámetros reproductivos, sanguíneos y bioquímicos de las poblaciones silvestres de *L. peru* en el estado de Sinaloa.

El objetivo del presente trabajo fue analizar la condición de *L. peru* basada en los parámetros bioquímicos, en relación con el área de recolecta, estación anual, talla y sexo.

Se analizaron cuatro poblaciones de *L. peru*: dos poblaciones en zonas impactadas en Sinaloa, Mazatlán y Topolobampo, la tercera población se ubicó en Oaxaca y la cuarta en Guerrero, estas dos últimas zonas se consideran de bajo impacto ecológico (prístinas). En las cuatro zonas se tomaron muestras en cada una de las estaciones del año.

Sinaloa es un estado agrícola que tiene como reto aumentar la cantidad y calidad de la producción, para esto se utiliza una gran cantidad de fertilizantes y pesticidas que indirectamente impactan en la salud de las personas (Martínez-Valenzuela, 2009) y al llegar a los ecosistemas costeros también impacta en la salud de las distintas especies marinas (Martin y Gutiérrez-Galindo, 1989; Galindo-Reyes *et al.*, 1996; Reyes *et al.*, 1999). Así también, los metales pesados de procedencia antropogénica llegan a afectar la salud de los peces, así como la salud de los seres humanos que los consumen (Ruelas-Inzunza *et al.*, 2008).

Mazatlán se ubica en la parte sur de Sinaloa, entre los meridianos 105°46'23" y 106°30'51" y los paralelos 23°50'22" de latitud norte. Las aguas marinas en esta zona se usan ampliamente para el transporte marítimo internacional, transporte de hidrocarburos de petróleo y la pesca marina. Además, reciben la descarga de residuos industriales y municipales, los cuales son fuentes importantes de contaminantes tóxicos. Sumado a esto, una importante estación de generación eléctrica que consume combustibles fósiles ubicada a 7 km al sureste de la ciudad usa el agua marina como refrigerante (Martin y Gutiérrez-Galindo, 1989). Al norte de Sinaloa se encuentra el puerto de Topolobampo ubicado en las coordenadas 25°33'00" latitud norte y 109°04'00" longitud oeste, es un importante puerto pesquero y está situado en una de las zonas de mayor producción agrícola del país.

El monitoreo de organismos de *L. peru* abarcó desde marzo de 2015 hasta enero de 2016. Las muestras se tomaron en las cuatro estaciones del año (primavera, verano, otoño e invierno), las cuales consistieron en cap-

turar entre 30 y 35 organismos utilizando líneas de anzuelos usando como carnada calamar y camarón.

Para la obtención de plasma, los peces fueron anestesiados con Benzoína (Sintex S.A. de C.V.). Se removió el *mucus* con una toalla desechable con alcohol y se extrajo inmediatamente la sangre a través de punción del pedúnculo caudal, la sangre de cada pez se depositó en tubos Eppendorf de 1.7 mL con 0.3 mL de anticoagulante (heparina Sintex, S.A. de C.V.). En el caso de los peces con una longitud inferior a 5 cm, la sangre se extrajo mediante punción en la sección transversal del pedúnculo caudal, las primeras 5 gotas de sangre se descartaron, posteriormente el resto de la sangre se recolectó en los tubos Eppendorf. Para especímenes de mayor tamaño, las muestras se obtuvieron por punción lateral de la arteria aorta caudal, o directamente por punción cardíaca a través del arco hemal. Las muestras se transportaron en hielo a los diferentes laboratorios y se procedió a su análisis.

Análisis bioquímicos-sanguíneos. Para el análisis de proteína se utilizó el método de Bradford, basado en la reacción de los grupos amino libres con el azul Comassie en presencia de ácido fosfórico y metanol. El complejo formado por la proteína y el colorante provoca un desplazamiento en la absorción máxima del colorante desde 465 a 595 nm. La absorción es proporcional a la concentración de proteína (albúmina en suero bovino) de manera lineal desde 1 µg a 140 µg usando una solución reactiva comercial (BioRad #500-0006). Una alícuota de 10 µl de la sangre obtenida como muestra se digirió con 100 µl de NaOH 0.1N durante 120 minutos, posteriormente se tomaron 10 µl del digerido, se colocaron en un tubo de vidrio y se agregó un mililitro de reactivo de Bradford, se incubó la reacción durante 5 minutos y se procedió a tomar las lecturas en un lector de placas (Thermo Scientific Multiskan go) a 595 nm (Bradford, 1976). Las variables bioquímicas se analizaron de la siguiente manera: En la cuantificación de Glucosa, se utilizó el método GOD-PAP (Kit comercial Randox, Crumlin, Reino Unido). Este kit contiene una solución estándar, una solución reactiva y un *buffer* que se emplea para preparar la solución reactiva. La solución es preparada con 450 mM NaCl (Sigma, S-9888; St. Louis, MO, USA), 10 mM KCl (Sigma, P-5405), 10 mM HEPES (Sigma, H-7006) ajustada a pH 7.3. La absorbancia se midió con un lector de microplaca a 490 nm (Thermo Scientific Multiskan go) (Hurtado-Oliva, 2004).

En la cuantificación de triacilglicéridos se utilizó el kit comercial GPO-PAP (Randox). El kit contiene una solución estándar, una solución reactiva y un *buffer* que se emplea para preparar la solución reactiva. Esta solución es preparada con 450 mM NaCl (Sigma, S-9888), 10 mM KCl (Sigma, P-5405), 10 mM HEPES (Sigma, H-7006) ajustada a pH 7.3. La absorbancia se midió con un lector de microplaca (Thermo Scientific Multiskan go) (Hurtado-Oliva, 2004).

Para la cuantificación de colesterol, se utilizó el kit comercial CHOD-PAP (Boehringer Mannheim GmbH, Biberach, Alemania) (Mercier, 2006). Este kit contiene una solución estándar, una solución reactiva y un *buffer* que se emplea para preparar la solución reactiva. Para el blanco se utilizó SIC, el cual es una solución salina isotónica. Esta solución se prepara con 450 mM NaCl (Sigma, S-9888; St. Louis, MO, USA), 10 mM KCl (Sigma, P-5405; St. Louis, MO, USA), 10 mM HEPES (Sigma, H-7006; St. Louis, MO, USA) y se ajusta el pH a 7.3. Las absorbancias se miden con un lector de microplaca (Thermo Scientific Multiskan go) a 490 nm (Mercier, 2007).

En la cuantificación de lactato se utilizó el kit comercial LAC-PAP (Randox), siguiendo las indicaciones del fabricante. Todos los resultados se reportan como promedio de mg/dL y desviación estándar.

Resultados y discusión

Análisis por lugar y estación. En el análisis estadístico por sexos los valores promedio de glucosa no mostraron diferencias significativas dentro de cada lugar analizado. Sin embargo, en el análisis entre estaciones del año, las concentraciones de glucosa sí mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$), se incrementaron durante el otoño tanto en Mazatlán como en Topolobampo (118 ± 86 , 108 ± 74 mg/dL, respectivamente). En invierno, en Topolobampo, las concentraciones de glucosa se mantuvieron altas (124 ± 53 mg/dL) mientras que en Mazatlán disminuyeron (45.22 ± 17 mg/dL) (Figura 1). Los niveles de lactato no mostraron diferencias significativas ($P > 0.05$) por lugar; entre estaciones del año, los valores de lactato fueron significativamente mayores en otoño en Mazatlán (149 ± 109 mg/dL) y los valores más bajos se observaron durante verano en Topolobampo

(22 ± 13 mg/dL) (Figura 4). Los valores promedio de triglicéridos fueron significativamente diferentes por estación del año y lugar. Los valores más altos se observaron en Topolobampo en primavera (261 ± 71 mg/dL), sin observarse diferencias significativas en este lugar respecto a primavera y verano, pero sí con respecto al otoño, donde se observó el nivel significativamente más bajo de triglicéridos (138 ± 44 mg/dL) (Figura 2).

Los niveles de colesterol mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) por estación y lugar. Los valores significativamente altos se observaron durante el invierno en Mazatlán (321 ± 153 mg/dL) y los significativamente bajos durante otoño en Topolobampo (94 ± 41 mg/dL) (Figura 3). Los valores promedio de los niveles de proteínas no mostraron diferencias significativas entre lugares ni entre estaciones del año, los niveles más altos se observaron en el verano en Mazatlán (8.52 g/dL) y los más bajos durante el invierno también en Mazatlán (2.82 ± 1.5 g/dL) (Figura 5).

La glucosa es el combustible metabólico primario del metabolismo celular. El metabolismo de la glucosa se ve influenciado por la insulina, el glucagón y la somatostatina de células dentro del páncreas, los niveles de glucosa se incrementan en el plasma sanguíneo como respuesta secundaria al estrés (la respuesta primaria al estrés es el incremento de cortisol en el plasma sanguíneo) para soportar el incremento en el metabolismo (Helfman *et al.*, 2009).

Como respuesta metabólica ante eventos estresantes, los organismos utilizan el oxígeno para maximizar la cantidad de trifosfato de adenosina (ATP) que puede ser generado por la glucosa. En ausencia de oxígeno, la fosforilación oxidativa y el ciclo de Krebs no proceden. Por glucólisis se continúa produciendo un poco de ATP, y el piruvato que también es producido, es convertido en lactato y frecuentemente almacenado en los tejidos (Helfman *et al.*, 2009). Las grasas en la dieta se componen exclusivamente de triglicéridos de cadena larga, los cuales no pueden ser absorbidos por la mucosa intestinal, por lo que son hidrolizados a ácidos grasos libres, monoglicéridos y glicerol por lipasas linguales, gástricas y pancreáticas para poder ser metabolizados para los requerimientos energéticos celulares (Kasper *et al.*, 2015).

Los triglicéridos contribuyen al contenido total de lípidos en los oocitos en maduración. Dietas deficientes en ácido ascórbico o en inositol provocan

que tanto los triglicéridos como el colesterol se incrementen en el torrente sanguíneo (Leatherland y Woo, 2010). Las variaciones estacionales en proteínas totales (albuminas, globulinas y fibrinógeno) en el plasma sanguíneo muestran una marcada influencia por la intensidad de la alimentación y la temporada de desove, mostrando amplia variación entre las distintas especies de peces (Siddiqui, 1977).

En el Huachinango del pacífico (*Lutjanus peru*), Román (2013) reporta que los niveles de proteínas totales en el plasma son muy variables, encontrando diferencias significativas ($P \leq 0.05$) al comparar los valores de estas en una zona prístina contra una zona no prístina (Oaxaca y Guerrero respectivamente, en la zona sur del océano Pacífico mexicano), los valores más altos de estas se observaron en la zona no prístina en las estaciones primavera e invierno, mientras que los valores más bajos se encontraron en esta misma zona en la estación de verano. En el presente estudio se coincide en que las concentraciones de proteínas en el plasma sanguíneo son diferentes estadísticamente en los distintos lugares de muestreo (Mazatlán y Topolobampo, en la zona sur del golfo de California), con sus valores más altos en verano en Mazatlán y en otoño en Topolobampo, mientras que los valores más bajos se observaron en invierno en Mazatlán. Un patrón similar se encontró en triglicéridos, colesterol, glucosa y lactato, los cuales también presentaron diferencias significativas por estación del año y por lugar, similar a los resultados reportados por Román-Vega (2013).

Los cambios en los parámetros bioquímicos del plasma sanguíneo se deben a la disponibilidad de alimentos, como los reportados en la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) y en el salmón Chinock (*Oncorhynchus tshawytscha* Walbaum, 1792) criados en cautiverio, donde los niveles normales de proteínas, glucosa y colesterol disminuyeron en el plasma sanguíneo después de 21 días de ayuno, en este estudio, las proteínas tardaron más de 10 días en recuperar sus rangos normales después de ofrecerles alimentación constante, mientras que los niveles de colesterol no se recuperaron en ese intervalo de días.

Los triglicéridos disminuyeron a la mitad después de 21 días de ayuno con respecto a los peces alimentados normalmente (Congleton y Wagner, 2006). En un estudio donde se analizaron 21 parámetros bioquímicos (metabolitos del plasma sanguíneo) de organismos silvestres de la lisa (*Mugil*

cephalus L.) y de Pinfish (*Lagodon rhomboides* L.) en el golfo de México se encontró que los picos más altos de estos parámetros no coincidieron de un año a otro (1990 y 1991) (Folmar *et al.*, 1992).

En estudios de variación por estacionalidad de los parámetros bioquímicos de la sangre, en tenca (*Tinca tinca* Linnaeus, 1758), los niveles de triglicéridos, colesterol y glucosa fueron más bajos durante el invierno que durante las estaciones de verano y otoño para machos y hembras, mientras que las proteínas se incrementaron durante el otoño. En los machos los niveles de proteínas no variaron a lo largo del año. En las hembras los valores más bajos se encontraron en el verano, mientras que los más altos se observaron en el invierno (Guijarro *et al.*, 2003). En esta misma especie, De Pedro *et al.* (2005), encuentran que las concentraciones de proteína en el plasma no cambian a lo largo del año y las hembras presentan mayores concentraciones de proteínas en el plasma sanguíneo que los machos, mientras que las concentraciones mínimas de triglicéridos y colesterol fueron observadas en invierno.

Con base en lo anterior, es de gran importancia estudiar los parámetros bioquímicos sanguíneos para evaluar el estado de salud de las poblaciones de peces y, en el caso de la acuicultura, tomar medidas correctivas en el supuesto de encontrarse que los valores de estos parámetros salen de los rangos reportados como normales.

FIGURA 1. Valores promedio de glucosa por estaciones. Medias y desviación estándar. Letras distintas encima de las barras indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

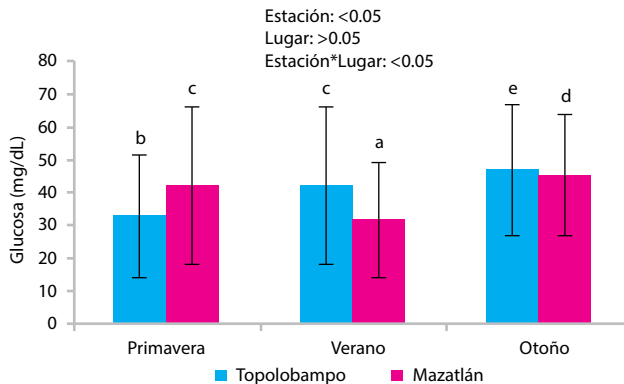


FIGURA 2. Valores promedio de triglicéridos por estación. Medias y desviación estándar. Letras distintas encima de las barras indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

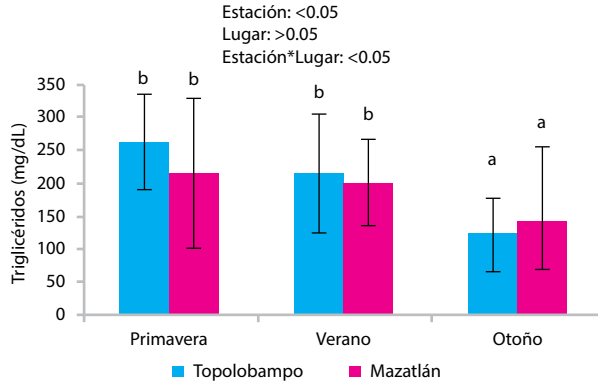


FIGURA 3. Valores promedio de colesterol por estación. Media y desviación estándar. Letras distintas encima de las barras indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

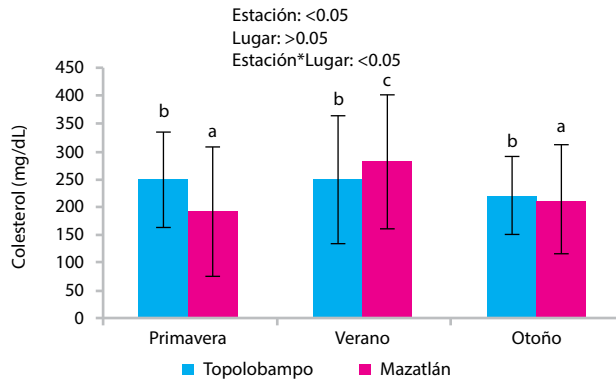


FIGURA 4. Valores promedio de lactato por estación. Medias y desviación estándar. Letras distintas encima de las barras indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

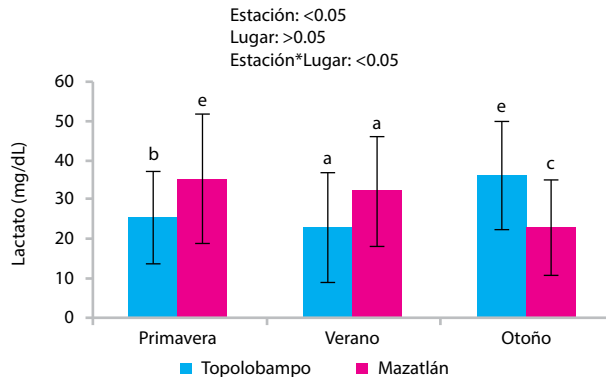
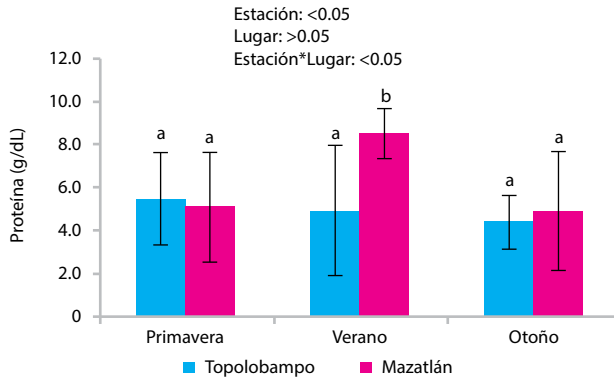


FIGURA 5. Valores promedio de proteínas por estación. Media y desviación estándar. Letras distintas encima de las barras indican diferencias significativas ($p < 0.05$).



Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) y a la Beca de Estímulo institucional de Formación de Investigadores (BEIFI) por los apoyos económicos otorgados que hicieron posible este trabajo. El presente trabajo fue apoyado económicamente a través del proyecto SEP-Conacyt (CB-1666).

Referencias

- Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical biochemistry*, 72 (1-2), 248-254.
- Castro, C.F. (1981). Determinación de la edad y crecimiento de *Lutjanus peru*. *Rev. Ciencias del Mar, Univ. Autón. Sinaloa*, 1: 4-8.
- Congleton, J. L., y Wagner, T. (2006). Blood-chemistry indicators of nutritional status in juvenile salmonids. *Journal of fish biology*, 69(2), 473-490.
- Coz-Rakovac, R., Strunjak-Perovic, I., Hacmanjek, M., Lipej, Z., y Sostaric, B. (2005). Blood chemistry and histological properties of wild and cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) in the North Adriatic Sea. *Veterinary research communications*, 29(8), 677-687.

- Cruz-Romero, M. Espino-Barr, E. Mimbela-López, J. García-Boa, A. Obregón-Alcaraz, L.F. y Girón-Botello, E. (1991). Biología reproductiva en tres especies del género *Lutjanus* en la costa de Colima, México. Informe Final de Conacyt, clave P02PC-CPR892739, II 8 pp.
- De Pedro N. Guijarro A. López-Patiño M.A, Martínez-Álvarez R.M, Alonso M, Bedate y Delgado M.J. (2004). Parámetros hematológicos y bioquímicos en la Tenca (*Tinca tinca*): ritmos diarios y estacionales. *Comunicación Científica CIVA* 2004:173-190.
- De Pedro, N., Guijarro, A. I., López-Patiño, M. A., Martínez-Álvarez, R., y Delgado, M. J. (2005). Daily and seasonal variations in haematological and blood biochemical. Parameters in the tench, *Tinca tinca* Linnaeus, 1758. *Aquaculture research*, 36(12), 1185-1196.
- Folmar, L. C., Moody, T., Bonomelli, S., y Gibson, J. (1992). Annual cycle of blood chemistry parameters in striped mullet (*Mugil cephalus* L.) and pinfish (*Lagodon rhomboides* L.) from the Gulf of Mexico. *Journal of Fish Biology*, 41(6), 999-1011.
- Galindo-Reyes, J., Medina-Jasso, A., y Villagrana-Lizarraga, C. (1996). Toxic effects of organochlorine pesticides on *Penaeus vannamei*. Shrimps in Sinaloa, Mexico. *Chemosphere*, 33(3), 567-575.
- Guijarro, A. I., López-Patiño, M. A., Pinillos, M. L., Isorna, E., De Pedro, N., Alonso-Gómez, A. L., Alonso-Bedate, M., y Delgado, J. (2003). Seasonal changes in haematology and metabolic resources in the tench. *Journal of Fish Biology*. 62, 803-815.
- Helfman, G., Collette, B. B., Facey, D. E., y Bowen, B. W. (2009). *The diversity of fishes: biology, evolution, and ecology*. John Wiley & Sons.
- Hurtado Oliva, M. Á. (2004). Efecto de los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) en los mecanismos de osmorregulación del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone) expuestos a estrés hipo e hipersalino a corto y largo plazo.
- Jerônimo, G. T., Brum, A., Pádua, S. B. D., Gonçalves, E. L. T., Capecci, R. S., Ishikawa, M. M., y Martins, M. L. (2015). Haematological Parameters of the Hybrid Surubim (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *P. corruscans*) farmed in Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 58(2), 254-261.
- Kasper, D. L., Hauser, S. L., Hameson, J. L., Fausi, A. S., Longo, D. L., y Loscalzo, J. (2015). *Harrison's principles of internal medicine*. 19 ed. McGraw-Hill, Medical Publishing Division. 3985 p.
- Korcock, D. E., Houston, A. H., y Gray, J. D. (1988). Effects of sampling conditions on selected blood variables of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *Journal of fish biology*, 33(2), 319-330.
- Leatherland, J. F., y Woo, P. T. K. (2010). *Fish diseases and disorders*, Vol. 2. Second edition. CAB International. 414 p.
- Martínez-Valenzuela, C., Gómez-Arroyo, S., Villalobos-Pietrini, R., Waliszewski, S., Calderón-Segura, M. E., Félix-Gastélum, R., y Álvarez-Torres A. (2009). Genotoxic bio-monitoring of agricultural workers exposed to pesticides in the north of Sinaloa State, Mexico. *Environment International*, 35(8), 1155-1159.
- Martin, M., y Gutierrez-Galindo, E. (1989). Pesticides and PCBs in oysters from Mazatlán, Sinaloa, Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 20(9), 469-472.

- Mercier, L., E. Palacios, A. I. Campa-Córdova, D. Tovar-Ramírez, R. Hernández-Herrera y I. S. Racotta. (2006). Metabolic and immune responses in Pacific whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* exposed to a repeated handling stress. *Aquaculture* 258: 633-640.
- Nelson J. S. (2006). *Fishes of the World*. Fourth edition. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey, 601 p.
- Reyes, G. G., Villagrana L. C., y Álvarez, G. L. (1999). Environmental Conditions and Pesticide Pollution of Two Coastal Ecosystems in the Gulf of California, Mexico. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 44(3), 280-286.
- Reyna-Trujillo, M.M. (1993). Desarrollo gonádico y época de desove del "huachinango" *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy 1922) (Pices: Lutjanidae) en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Guadalajara, México, 73 PP.
- Román-Vega, M. A. (2013). Valores hematológicos y bioquímica sanguínea de la población silvestre del huachinango *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) en el Pacífico sur de México.
- Ruelas-Inzunza, J., Meza-López, G., y Páez-Osuna, F. (2008). Mercury in fish that are of dietary importance from the coasts of Sinaloa (SE Gulf of California). *Journal of Food Composition and Analysis*, 21(3), 211-218.
- Siddiqui, N. (1977). Seasonal, size, and comparative study of plasma proteins of four airbreathing freshwater fishes. In *Proceedings of the Indian Academy of Sciences-Section B* (Vol. 85, No. 6, pp. 384-390). Springer India.
- Svoboda, M., J. Kouril, J. Hamackova, P. Kalab, L. Savina, Z. Svobodova y B. Vykusova. (2001). Biochemical Profile of blood plasma of tench (*Tinca tinca*) during pre-and postspawning period. *Acta Vet. Brno*. 70:259-268.
- Tavares-Dias, M., Schalch, S. E. C., y Moraes, F. R. (2003). Hematological characteristics of Brazilian teleosts. VII. Parameters of seven species collected in Guariba, São Paulo State, Brazil. *Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo*, 29, 109-115.

PARTE 6

CÉLULAS SANGUÍNEAS

15. Descripción de células sanguíneas en organismos silvestres del pargo *Lutjanus colorado* (Jordan y Gilbert, 1882)

JESÚS FRANCISCO ESCÁRREGA ROMÁN¹

APOLINAR SANTAMARÍA MIRANDA²

JUAN PABLO APÚN MOLINA³

MÁXIMO GARCÍA MARCIANO⁴

REFUGIO RIQUELMER LUGO GAMBOA⁵

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.151.15>

Introducción

Los estudios ictiohematológicos de especies del género *Lutjanus* son escasos, a pesar de ser de gran utilidad para entender la fisiología y para el diagnóstico clínico ya sea de poblaciones silvestres o en cautiverio. Estos toman mayor importancia si se considera el aumento de contaminación en el medioambiente y distribución de agentes patógenos que los pueden afectar (Eslava *et al.*, 1995a). Además, las variaciones en la celularidad hematológica (eritrocitos, leucocitos y trombocitos) pueden ser utilizadas como indicadores para el diagnóstico de enfermedades (Korcock *et al.*, 1988).

Los estudios hematológicos son útiles como indicadores de contaminación y como indicadores de disfunción orgánica por estrés (Valenzuela *et al.*, 2003), empleándose para valorar la efectividad del control de enfermedades infecciosas, alteraciones en la nutrición, toxicidad, condiciones anóxi-

¹ Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Politécnico Nacional. <http://orcid.org/0009-0000-2316-9931>

² Doctora en Ciencias Marinas y Costeras. Profesora Investigadora Titular C, Ciidir Unidad Sinaloa. Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8335-1460>

³ Doctor en Ciencias en Biotecnología. Profesor Investigador, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9006-8882>

⁴ Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6530-5954>

⁵ Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0009-0003-9564-4326>

cas, variaciones ambientales y otros estresores que se presentan durante los cultivos (Hrubec y Smith, 1999; Aydin *et al.*, 2000).

Por otra parte, la utilidad de los valores hematológicos aumenta su importancia cuando se trata de especies con interés de cultivo comercial tales como *Lutjanus colorado* una especie del Pacífico norte de México, la cual tiene gran aceptación como excelente alimento y por su alto valor en el mercado mexicano; sin embargo, hay una disminución de las poblaciones naturales, y aunque existe un gran interés, tanto del gobierno como del sector privado y social en México para desarrollar la biotecnología para su cultivo, hasta la fecha la información disponible para iniciarla es escasa (Abdo-De la Parra *et al.*, 2014).

Con todo y las potencialidades de la especie, solo se conocen algunos aspectos generales sobre la biología de *L. colorado*, pero son desconocidos los aspectos básicos de hematología, así como de otras variables metabólicas y ambientales, información necesaria para futuros estudios en sistemas productivos, en especial para el diagnóstico y control de problemas de salud en la especie (Castellanos *et al.*, 2003). Por lo anterior es importante incrementar los conocimientos sobre su biología, en particular la hematología, ya que el estudio de esta refleja en forma rápida cambios tanto intrínsecos como extrínsecos provocados por el medio ambiente (Mendoza *et al.*, 2015).

Dada la importancia mencionada del pargo *L. colorado*, se procedió a realizar los estudios hematológicos tales como conteo celular total y diferenciación celular, entre febrero y marzo de 2016 en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR-Sinaloa).

Se utilizaron 30 ejemplares de tres grupos de marca de clase (MC) en centímetros de: 22.5, 29.5 y 35.5, capturados en el sistema lagunar San Ignacio-Navachiste-Macapule, Sinaloa.

Con las siguientes condiciones ambientales: temperatura 26 ± 0.7 °C, pH 6.6 ± 0.5 , oxígeno disuelto 8 ± 0.8 mg/L. A los peces capturados se les realizó la toma de muestra de sangre, obteniendo un volumen de 1.5 ± 0.5 mL, mediante punción de la vena caudal utilizando agujas del N° 21 x 1 1/4".

La muestra sanguínea fue transferida a tubos Eppendorf heparinizados, los cuales fueron inmediatamente almacenados bajo refrigeración en hielo a temperatura de 2-6 °C.

Posteriormente se transportaron al laboratorio donde se realizó el conteo celular total (glóbulos rojos, glóbulos blancos y trombocitos) utilizando cámara de Neubauer, pipeta de toma, solución Natt-Herrick, contador celular y microscopio óptico (Conroy, 1998). Se realizaron extensiones sanguíneas de cada organismo utilizando portaobjetos, las cuales fueron teñidas con el kit comercial Hycel, el cual contiene tres soluciones: metanol, azul de metileno y eosina para realizar la diferenciación celular de los leucocitos en el microscopio óptico.

Resultados y discusión

Los análisis hematológicos de las diferentes especies son de interés en la fisiología y ecología, de tal manera que posibilitan entender la relación entre las características sanguíneas con variables como sexo, estadio gonadal, estrés, actividad física, hábitat y adaptabilidad al ambiente (Larson *et al.*, 1976; Rambhaskar y Srinivasa-Rao, 1987).

Existen diversos factores que provocan que cada especie presente sus propios parámetros hematológicos; es sabido que existen diferencias hematológicas en distintos medios osmóticos como las encontradas en peces marinos y estuarinos, los cuales presentan una mayor cantidad de hemoglobina y eritrocitos en comparación con los de agua dulce (Romestend *et al.*, 1982). De igual forma, la temperatura es otro parámetro que afecta los índices hematológicos: especies de una misma media osmótica, pero en diferentes grados térmicos, presentan grandes diferencias en los parámetros hematológicos debido al efecto inversamente proporcional de la temperatura con la solubilidad del oxígeno disuelto en el agua (Atencio-García *et al.*, 2007).

En los estudios hematológicos de *L. colorado* se determinaron tres grupos de tamaños (MC) de los 30 organismos capturados, los cuales no mostraron diferencia significativa ($P > 0.05$) en el conteo total de las células sanguíneas, al igual que en cada uno de los tipos de células que conforman los leucocitos ($P > 0.05$).

Los resultados del conteo eritrocitario para *L. colorado* muestran que los eritrocitos son las células sanguíneas más abundantes en la sangre peri-

férica en esta especie representando 98.3 %. Esto es similar con lo que reporta Román-Vega (2013) en huachinango del Pacífico, *Lutjanus peru* 91.08 % quien afirma que esta línea celular es la más abundante en comparación con la línea leucocitaria y trombocitaria.

Los valores en eritrocitos van desde 1.37 ± 0.6 hasta 2.6 ± 0.8 (Cel x $10^6/\text{mm}^3$) como valores mínimo y máximo respectivamente con un valor promedio de 1.9 (Cel x $10^6/\text{mm}^3$) (Figura 1). Estos valores son similares con los que reportó Del Rio-Zaragoza *et al.* (2011) para el pargo lunarejo *L. guttatus* de 2.23 ± 0.75 células x $10^6/\text{mm}^3$ en cautiverio, Atencio-García *et al.* (2007) en juveniles de rubio, *Salminus affinis* (Steindachner, 1880) 2.1 (Cel. x $10^6/\text{mm}^3$) capturados en ambiente natural y Ranzani-Paiva *et al.* (2001), para *Salminus maxillosus* (Cuvier, 1816) 2.1 (Cel. x $10^6/\text{mm}^3$), este último procedente de cautiverio. También se han reportado otros valores inferiores para otras especies de aguas frías como *Galaxias maculatus* (Jenyns, 1842), esto atribuido a la conducta sedentaria de la especie, lo cual lleva a considerar que los parámetros sanguíneos son directamente proporcionales a la actividad del pez (Jaramillo-Schadebrodt, 2005). También han reportado valores superiores para otras especies como *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) 2.9 (Cel. x $10^6/\text{mm}^3$) por Tavares-Días y Mataqueiro (2004).

Los trombocitos presentan el segundo grupo celular más abundante de la sangre periférica del *L. colorado* representando 1.3 % del total de las células presentes en el paquete globular (Figura 3). Los valores son similares a los que reporta Atencio-García *et al.* (2007) en *S. affinis* de 25.4 (Cel. x $10^3/\text{mm}^3$) similar al reportado por Tavares-Días *et al.* (2004) en *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) 28.2 (Cel. x $10^3/\text{mm}^3$). Sin embargo, Tavares-Días y Mataqueiro (2004) reportaron para *P. mesopotamicus* trombocitos en cantidades superiores 56.6 (Cel. X $10^3/\text{mm}^3$), al igual que Román-Vega (2013) en huachinango del Pacífico, *L. peru* quien reporta valores similares. Esto sugiere que es posible que estas variaciones estén asociadas a factores de tipo interespecífico.

El número de leucocitos en teleósteos tropicales de aguas continentales se ha reportado muy cambiante, presentándose incluso variaciones intra-específicas en los teleósteos Ranzani-Paiva *et al.* (1999). Los leucocitos comprenden el grupo celular menos abundante de la sangre periférica de *L.*

colorado representando 0.4 % del total de células presentes en el paquete globular. Los valores van de 6 ± 0.5 a 15 ± 0.5 (Cel. $\times 10^3/\text{mm}^3$), con un valor medio de 8.5 (Cel. $\times 10^3/\text{mm}^3$) (Figura 2), similar al que notifica Atencio-García *et al.* (2007) en *S. affinis* de 6.1 (Cel. $\times 10^3/\text{mm}^3$), sin embargo, se reportan para otras especies valores de 6.4-72.5 (Cel. $\times 10^3/\text{mm}^3$), debido a que se presentan variaciones intraespecíficas.

En el conteo diferencial de leucocitos fueron observados linfocitos, neutrófilos, monocitos, basófilos y eosinófilos, siendo los linfocitos y los neutrófilos las células más frecuentes en los frotis de *L. colorado*, situación que coincide con lo reportado en *S. maxillosus* (Cuvier, 1816) (Ranzani-Paiva *et al.*, 2003); *P. mesopotamicus* (Tavares-Días *et al.*, 2002a; Tavares-Días y Mataqueiro, 2004) y *B. amazonicus* (Benavides, 2002).

La variabilidad de células sanguíneas de *Lutjanus colorado* no fue observada, esto puede atribuirse a que son organismos de edad similar y a que los sitios de captura fueron también similares.

Los resultados del presente estudio permiten concluir que las características hematológicas del pargo *L. colorado* están dentro de los rangos reportados para teleósteos neotropicales evaluados en condiciones ambientales normales y aparentemente saludables.

FIGURA 1. Valores promedio de eritrocitos de *L. colorado* por talla y estación. Media y error estándar. Letras distintas indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

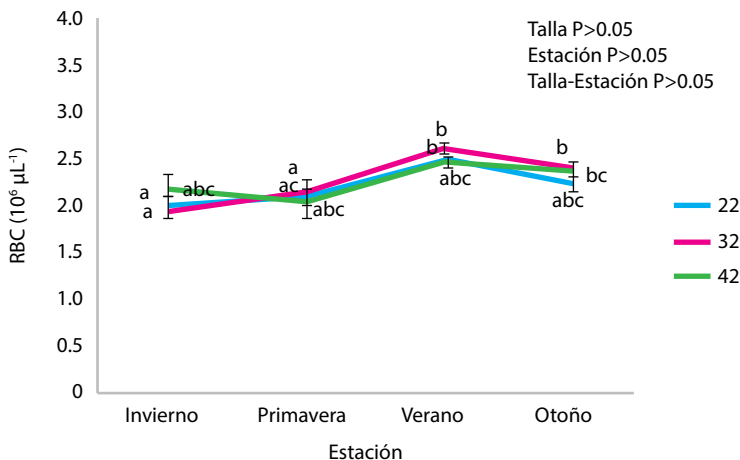


FIGURA 2. Valores promedio de leucocitos de *L. colorado* por talla y estación. Media y error estándar.

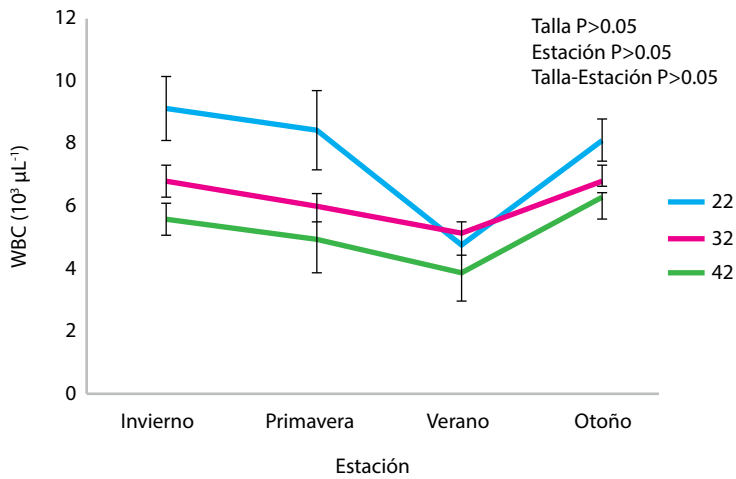
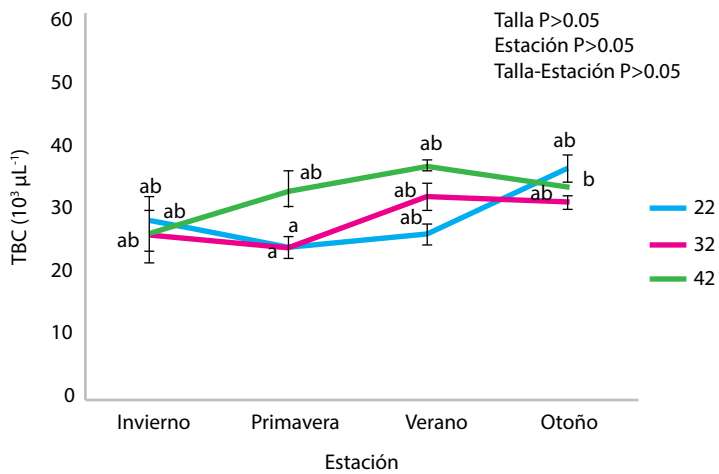


FIGURA 3. Valores promedio de trombocitos de *L. colorado* por talla y estación. Media y error estándar. Letras distintas indican diferencia significativa ($P<0.05$).



Agradecimientos

Al M. en C. Máximo García Marciano por su valiosa colaboración en los análisis sanguíneos.

Al M. en C. Refugio Riquelmer Lugo Gamboa, por su valiosa colaboración en los análisis sanguíneos.

Referencias

- Abdo-de la Parra, M. I., García-Aguilar, N., Rodríguez-Ibarra, L. E., Velasco-Blanco, G., y Ibarra-Castro, L. (2014). Desarrollo Embrionario del Pargo Colorado *Lutjanus colorado* (Jordan y Gilbert, 1882). *International Journal of Morphology*, 32(3), 902-908.
- Benavides, C. (2002). Valoración hematológica y química sanguínea en el Yamu *Brycon amazonicus* [trabajo de grado]. Villavicencio (Colombia): Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de los Llanos. 85-96.
- Castellanos, J. A., Bustos, M. B., Arévalo, G. H., y Mocha, P. E. (2003). Valoración hematológica y química sanguínea del Yamú *Brycon siebenthalae*, en tres etapas de cultivo. *Orinoquia*, 7(1), 34-41.
- Conroy, D. (1998). Manual de métodos y técnicas de laboratorio de uso común en la hepatología pisciaria. Pharma-fish S.R.L. Maracay, Estado Aragua, Venezuela. 25 pp.
- Del Rio-Zaragoza, O. B., Fajer-Ávila, E. J., Almazán-Rueda, P., Y De la Parra, M. A. (2011). Hematological characteristics of the spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) healthy and naturally infected by dactylogyrid monogeneans. *Tissue and Cell*, 43(3), 137-142.
- Eslava, M.P.R., Gómez, L.A., y Hernández, C.P. (1995a). Hematología básica de la cachablanca, *Piaractus brachypomus*. *Rev.M.V. Z. Univ. Llanos. Villavicencio*, 1(1):35.
- Hrubec, TC, Cardinale, JL, y Smith, SA. (2000). Hematology and plasma chemistry reference intervals for cultured tilapia (*Oreochromis hybrid*). *Vet Clin Pathol*; 29(1):7-12.
- Jaramillo-Schadebrodt, N. (2005). Estudio hematológico del puye *Galaxias maculatus* en estado postlarval y adulto [trabajo de grado]. Temuco (Chile): Universidad Católica de Temuco.
- Larson, A, Johansson-Sjoberck, Mj, y Fange, R. (1976). Comparative Study of some Haematological Blood Parameters in Fishes from the Skagerrak. *J Fish Biol.* 9: 425:40.
- Mendoza, F. J. A., Leal, J. M., y Cantú, E. M. T. (2015). Hematología del catán (*Atractosteus spatula*), Colectados en el noreste de México. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Docente*, 1(1).
- Korcock, D. E., Huoston, A. H., y Gray, J.D. (1988). Effects of sampling conditions on selected blood variables of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *Journal of fish biology*, 33(2), 319-330.

- Ram Bhaskar, B, y Srinivasa-Rao, K. (1987) Comparative Haematology of Ten Species of Marine Fish from Visakhapatnam Coast. *J Fish Biol.* 30:59-66.
- Valenzuela, A. Oyarzún, C. y Silva, V. (2003). Células sanguíneas de *Schroederichthys chilensis* (Guichenot, 1848) (Elasmobranchii, Scyliorhinidae): serie blanca. *Gayana*, 67(1): 130-137 pp.
- Ranzani-Paiva, MJ, Rodríguez, E, Veiga, ML, y Elras, AC. (2001). Association Between the Hematological Characteristics and the Biology of the Dourado *Salminus maxillosus* Valenciennes, 1840 from Mogi-Guacu River, state of Sao Paulo, Brazil. *Acta Sci Anim Sci.* 23(2): 527-33.
- Tavares-Días, M, y Mataqueiro, M. (2004). Características hematológicas. Bioquímicas e biométricas de *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) (Osteichthyes: Characidae) oriundos de cultivo intensivo: *Acta Sci Bioi Sci.* 26(2): 157-62.
- Tavares-Días, M, Martins, MI, Schalch, Shc, Onaka Em, Moraesjr, Quintana CIF, y Moraes FR. (2002a). Alteracoes harnatologicas e histopatologica em pacus *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) (Osteichthyes: Characidae) tratados com sulfaro de cobre (CuS04). *Acta Sci Anim Sci.* 24(2): 547-5s4

16. Descripción de células sanguíneas en organismos silvestres del pargo *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922)

MARTIN ARMANDO ROMÁN VEGA¹

MARCO ANTONIO LIERA SANDOVAL²

MÁXIMO GARCÍA MARCIANO³

APOLINAR SANTAMARÍA MIRANDA⁴

ANA INZUNZA COLIO⁵

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.151.16>

Introducción

La sangre se compone de una parte fluida, el plasma, y de numerosas células, muy diferentes entre sí, tanto morfológica como funcionalmente (Charpentier, 1996). Estas células se caracterizan por encontrarse libres en el plasma sanguíneo. Estos elementos celulares se dividen en tres grupos. Los hematíes; encargados de la oxigenación de los distintos tejidos, los trombocitos; encargados de la coagulación y los leucocitos, que son los encargados de la defensa del organismo (Ellis, 1981).

Plasma. Se sabe que esta sustancia en mamíferos posee funciones de transporte de nutrientes y desechos metabólicos, e importantes funciones defensivas inespecíficas, estas actúan en independencia de los mecanismos específicos de defensa, aunque también existe un sistema de complemento que actúa en colaboración con los anticuerpos, pero en forma inespecífica (Ham, 1988). Se ha demostrado la existencia de algunos facto-

¹ Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0028-3771>

² Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6530-5954>

³ Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0009-0003-9564-4326>

⁴ Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8335-1460>

⁵ Ingeniera en Biotecnología. Universidad Politécnica de Sinaloa, México. ORCID: <http://orcid.org/0009-0006-8468-8587>

res defensivos inespecíficos en el plasma de peces. Sin embargo, el conocimiento acerca de sus propiedades físicas, mecanismos de activación o significancia de esta sustancia dentro del sistema de defensa sigue siendo escaso (Ellis, 1981).

Eritrocitos. Los eritrocitos de teleósteos son similares en tamaño, tinción y estructura a los hematíes de los demás vertebrados, pero al igual que en aves, reptiles y anfibios presenta una forma elíptica con un núcleo central de cromatina condensada, constituida por heterocromatina, además de un citoplasma abundante y levemente eosinófilo (Figura 1) (Ellis, 1981). Sin embargo, en algunas especies el núcleo puede ser casi redondo (Stoskopf, 1993). Ultraestructuralmente, el citoplasma de los eritrocitos de los peces es granular, sin inclusiones ni mitocondrias. Se cree que hay vacuolas citoplasmáticas prominentes que son autofágicas y derivadas de la degeneración de las mitocondrias (Stoskopf, 1993). Las cantidades de hematíes varían según la especie y su concentración está afectada por el estrés y la temperatura, y de acuerdo con Ellis (1981), Yasutake y Wales (1983) e Hibiya (1995), indican que los teleósteos presentan en promedio una concentración de 1.0 a 3.0×10^6 células/mm³ en la sangre. El tamaño varía entre 10 a $15 \mu\text{m}$ en su eje largo y entre 8 a $10 \mu\text{m}$ en su eje corto, así también, la proporción de eritrocitos maduros dependerá de cada especie y del medio ambiente. Los eritrocitos inmaduros o policromatocitos presentan forma redonda y se tincionan de color gris azulado en frotis teñido con colorante Giemsa (Conroy, 1972). La proporción de eritrocitos inmaduros en la sangre es de alrededor de 1% (Ellis, 1981), esta se ve modificada cuando el pez enfrenta disminuciones de oxígeno, lo que provoca ajustes en los parámetros hematológicos. La respuesta a este estímulo es el aumento en la producción de eritrocitos, por lo cual se observa un incremento en la de eritrocitos inmaduros (Valenzuela *et al.*, 2002). Como otros vertebrados, la mayoría de los teleósteos presentan hemoglobina en sus eritrocitos, este es el principal medio de transporte de oxígeno y en menor grado el de CO₂. Esta molécula presenta características variables que van de acuerdo con los distintos estadios de desarrollo del pez, pudiendo encontrarse hasta cuatro tipos distintos en un mismo individuo (Ellis, 1981). Cada especie puede adaptarse a las diferentes tensiones de oxígeno ambiental o modificar los caracteres de la disociación del oxígeno aclimatándose a las diferentes temperaturas

(Robert, 1981). Es así como especies que habitan aguas extremadamente heladas, en donde los altos niveles de oxígeno presentes en el medio hacen que la hemoglobina sea menos vital en el intercambio gaseoso.

Trombocitos. Los trombocitos son la contraparte de las plaquetas de los mamíferos, estas células son las encargadas de la coagulación sanguínea (Hibiya, 1995); segregan tromboplastina, enzima que polimeriza el fibrinógeno (Roberts, 1981), su principal función es mantener la hemostasis (Valenzuela *et al.*, 2003). Huston (1990) afirma que los trombocitos también cumplirían funciones macrófagas. Estas células tienen una forma que varía desde redonda a elipsoide, la cual corresponde a elementos maduros e inmaduros, respectivamente (Figura 2) (Conroy y Armas, 1984). (Bogner y Ellis 1977) y (Veiga *et al.*, 2000) observaron que cuando el pez es sometido a estrés durante la toma de sangre, el trombocito elimina casi todo su citoplasma, lo que provoca confusión al momento de su identificación, ya que se tiende a confundir con los leucocitos. Stoskopf, (1993) señala que la cromatina presente en el linfocito es muy diferente a la del trombocito, puesto que la de este último presenta cromatina elástica muy distinta y muchas vesículas citoplasmáticas.

Leucocitos. De los tres grupos principales de células observadas en la sangre de los peces, los leucocitos son el grupo más diverso en cuanto a morfología (Stoskopf, 1993). Los leucocitos son las células involucradas en el sistema inmune, pueden encontrarse en la sangre circulante o en tejidos, y en ocasiones pueden formar parte de complejos celulares, los cuales se denominan centros melanomacrófagos. La clasificación de los leucocitos de peces, como en todos los vertebrados, se ha realizado por criterios morfológicos, según los cuales se distinguen varios tipos: linfocitos, monocitos y granulocitos (Figura 3) (Ellis, 1977).

Linfocitos. Los linfocitos son células altamente diferenciadas, con capacidad de respuesta frente estímulos inmunológicos (Ellis, 1977). En general, los linfocitos maduros son mayoritarios y son células de borde irregular, cuyo interior está casi en su totalidad ocupado por un núcleo con la cromatina muy agrupada y el citoplasma se dispone como un fino anillo basófilo alrededor del núcleo, en él se encuentran mitocondrias, retículo endoplásmico liso y rugoso, ribosomas y aparato de Golgi, lo que demuestra que son células de alto potencial metabólico. En los mamíferos el término linfocitos

se refiere a los constituyentes celulares de la linfa, ya que son producidos en gran medida por ganglios linfáticos. En el caso de los peces teleósteos existen tres órganos linfoides; el timo, el bazo y el riñón, siendo el timo y el riñón los productores primarios (Ellis, 1981).

Neutrófilos. Estas células, denominadas también heterófilos o leucocitos tipo I (Ellis, 1981), se caracterizan morfológicamente por tener un núcleo excéntrico multilobulado (dos o tres lóbulos) con cromatina densa y agrupada que se tiñe púrpura oscura con tinción de Giemsa, y por la presencia de un gran citoplasma pálido de aspecto esponjoso, en el que se distinguen gránulos que varían desde el gris al rosa pálido (Veiga *et al.*, 2000). Su tamaño es mayor que el de un linfocito (Fernández *et al.*, 2002).

Los neutrófilos presentan en el citoplasma mitocondrias y retículo endoplasmático (Hibiya, 1995). Además, se caracterizan por ser las primeras células en salir del bazo y son producidas principalmente por el tejido hematopoyético renal (Ellis, 1981; Fernández *et al.*, 2002). Su importancia radica en su contenido de lisosomas, los cuales son vacuolas que contienen enzimas y actúan destruyendo los organismos fagocitados por la célula. La importancia de estas células en los peces ha sido menos informada que en vertebrados superiores (Ellis, 1981), se presentan en gran número en el sistema linfático (Hibiya, 1995). Huston (1990) menciona que la concentración de estas células en peces es de 2 a 25 % de los leucocitos. Su tamaño va de 10 a 15 μm y presenta una relación núcleo citoplasma de 1:3 o 1:2.

Granulocitos. Estas células se caracterizan por la presencia de gránulos en su citoplasma y se dividen en neutrófilos, eosinófilos (acidófilos) y basófilos (Ham, 1988). En peces teleósteos, se han descrito los tres tipos celulares, pero no siempre están presentes todos ellos en la misma especie ni con las mismas formas (Will, 1977).

Las distintas formas de granulocitos presentes en los peces continúa siendo confusa, sin embargo, Stoskopf (1993) y Ellis (1981) coinciden en la introducción del término heterófilo para la identificación de granulocitos con formas redondas y núcleos multilobulados, de esta manera se facilita enormemente la identificación de estas células.

Monocitos. Son las células que se encargan de fagocitar agentes agresivos, material extraño y residuos tisulares (Fernández *et al.*, 2002). Este mismo autor, citando a Cambell (1988), señala que en mamíferos se habla de mo-

nocitos como células diferenciadas y precursoras de macrófagos en los tejidos, en cambio en peces no está clara la denominación de estos leucocitos. Ham (1988) se refiere a los monocitos de mamíferos como células fáciles de identificar, mientras que Stoskopf (1993) señala que en peces la distinción morfológica entre linfocitos y monocitos no es clara en la mayoría de los casos. Asimismo, este autor agrega que estas células presentan formas transitorias, razón que puede provocar confusiones al momento de identificarlos. Estos macrófagos son grandes leucocitos de citoplasma azul-gris o azul brillante con tinción Giemsa, y ocasionalmente vacuolados (Stoskopf, 1993). El núcleo ocupa entre un medio y un tercio del volumen celular y su forma es variable, redonda u ovalada, a menudo con una ligera invaginación o con forma de riñón, en él la cromatina aparece dispersa (Fernández *et al.*, 2002).

Basófilos. En peces teleosteos son descritos por Stoskopf (1993) como células de 8 μm de diámetro que constituyen no más de 0.1 % del total de leucocitos, presentando un citoplasma ligeramente basófilo y grandes gránulos redondeados, que a menudo ocultan el núcleo. Esto coincide con lo descrito por Ham (1988) para basófilos de mamíferos. Sin embargo, se conoce muy poco de ellos en peces, hasta ahora esta célula no ha sido implicada en ningún mecanismo defensivo de los peces.

Eosinófilos. Se encuentran en tejidos como la dermis, branquias, pseudo branquias, vejiga natatoria, tejido hematopoyético, epitelio nasal, corazón y principalmente en el tejido intestinal (Ellis, 1981; Fernández *et al.*, 2002; Valenzuela *et al.*, 2003), razón por la cual los eosinófilos son infrecuentes en sangre periférica de los peces. Reite (1998) menciona que estas células formarían parte de un conjunto heterogéneo de células llamado mastocitos, los que responden a estímulos nocivos mediante desgranulaciones en casos de tejidos dañados y aumento en el número de reclutamiento celular cuando el daño es de naturaleza persistente; además este autor menciona que estos grupos celulares representan un componente central en la defensa contra infecciones bacterianas. En peces se ha descrito a los eosinófilos como células redondas que por lo general miden entre 4.5 a 15 μm de diámetro, correspondiendo de 2 a 3 % del total de leucocitos (Huston, 1990 y Stoskopf, 1993); presentan un núcleo a menudo bilobulado y excéntrico y un citoplasma azul pálido con gránulos de forma alargada o esférica.

FIGURA 1. Microfotografía de eritrocitos en sangre periférica de *Lutjanus peru*.

Línea celular eritrocitaria



FIGURA 2. Microfotografía de trombocitos en sangre periférica de *Lutjanus peru*.

Línea celular trombocitaria

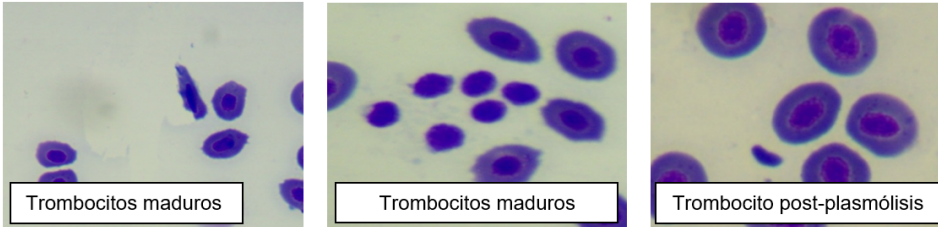
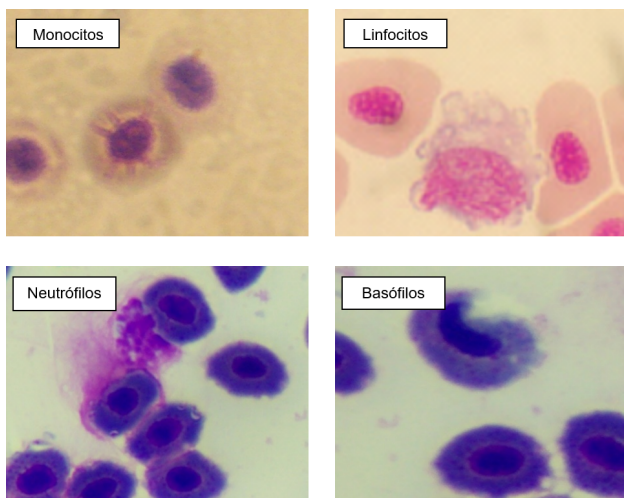


FIGURA 3. Microfotografía de monocitos, linfocitos, neutrófilos y basófilos en sangre periférica de *L. peru* a 100X de aumento.



Referencias

- Cambell, W. T. (1988). Fish cytology and hematology. Veterinary clinics of North America. Small animal practice. Philadelphia. V.18, n.2, p. 349-364.
- Charpentier, A. (1996). *La sangre*. ED Acento, Madrid, España. 93 pp.
- Conroy, D. (1998). Manual de métodos y técnicas de laboratorio de uso común en la hepatología pisciaria. Pharma-fish S.R.L. Maracay, Estado Aragua, Venezuela. 25 pp.
- Ellis, A. E. (1977). The leucocytes of fish: A review. *Journal of the Fisheries Biology*, 11: 453-491.
- Ellis, A. E. (1981). Inmunología de teleósteos. Patología de los peces. Roberts, R. (Ed). Edición mundial-prensa, versión Española. Capítulo IV. 103-117.
- Fernández, L. Secades, J.R. López, I. y Márquez, J. A. (2002). Isolation and análisis of a protease gene with an ABC transport system in the fish pathogen *Yersinia ruckeri*: insertional mutagénesis and involvement in virulence. 415-419.
- Ham, D. (1998). *Histología de Ham*. Ed. Harla, México. 892 pp.
- Hibiya, T. (1995). *An atlas of fish histology. Normal and phatological features*. Ed. Kodanska, Tokyo, Japon. 147 pp.
- Huston, A. (1990). Blood and circulation. Methods for fish biology. Schreck, C y Moyle, P (Ed), Maryland, US. Chapter 9. 273-323.
- Roberts. R. (1981). *Fisiología sistémica de teleósteos. Patología de los peces*. (Ed). Mundial-prensa. Version Española. Capítulo 3. 103-117.
- Reite, O. B. (1998). Mast cells/eosinophilic granule cells of teleostean fish: a review focusing on staining properties and functional responses. *Fish and shellfish immunology*, 8(7), 489-513.
- Stoskoph, M. (1993). *Fish medicine*. Ed. W. B. Saunders, Philadelphia, US. 882 pp.
- Stolen, JS y Makela O. (1975). Carrier preimmunisation in the anti-hapten response of a marine fish. *Nature*. Apr 24;254(5502): 718-719.
- Valenzuela, A. Alveal, K. y Tarifeño, E. (2002). Respuesta hematológica de truchas *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) a estrés hipóxico agudo: serie roja. *Gayana*, 66 (2): 255-261.
- Valenzuela, A. Oyarzun, C. y Silva, V. (2003). Células sanguíneas de *Schroederichthys chilensis* (Guichenot, 1848) (Elasmobranchii, Scyliorhinidae): Serie blanca. *Gayana*, 67 (1): 130-137 pp.
- Veiga, M. Egami, M. Ranzani, M. y Rodrigues, L. (2000). Aspectos morfológicos y citológicos de las células sanguíneas de *Salminus maxillosus*. *Revista chilena de anatomía*, Temuco. 18 (2): 245-250 pp.
- Yasutake, W. y Wales, J. (1983). *Microscopic anatomy of salmonids: an-atlas*. US. Fish wildlife service. Resource publication, Washington, D.C. 190 pp.

PARTE 7

VARIABILIDAD GENÉTICA

17. Estudio de la variabilidad genética usando ADN genómico (microsatélites) y ADN mitocondrial en especies marinas: el caso de *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) en el Pacífico mexicano

ARTEMISA MEDINA-LÓPEZ¹

APOLINAR SANTAMARIA MIRANDA²

FRANCISCO R. QUIROZ-FIGUEROA³

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.151.17>

Introducción

En las costas de México las pesquerías son de carácter multiespecífico, se captura una gran variedad de especies de peces, el huachinango del Pacífico (*Lutjanus peru*) es una de las principales a la cual se dirige el esfuerzo pesquero y es capturada a lo largo de la costa del Pacífico mexicano (SAGARPA-INAPESCA, 2014).

Durante las últimas décadas el impacto del hombre a las poblaciones silvestres de peces ha incrementado drásticamente alrededor del mundo como resultado de la acuicultura intensiva y cambios ambientales (Olsson *et al.*, 2007). Además, todos estos factores afectan la diversidad y la estructura en las especies, destacando que dentro del grupo de Huachinangos y pargos, *L. peru* es la especie más importante, y esta es capturada durante todo el año (SAGARPA-INAPESCA, 2006). Este hecho ha sido motivo de la estabilización de las capturas en los recursos pesqueros comerciales, lo que es indicativo de la necesidad de reforzar las medidas de administración y fomentar el uso racional de los recursos, a través de la elaboración de Planes de Manejo Pesquero (SAGARPA-INAPESCA, 2010). Por lo que es necesario incrementar la información disponible acerca de la especie en todos los aspectos.

¹ Maestra en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Politécnico Nacional.

² Doctora en Ciencias Marinas y Costeras. Profesora Investigadora, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8335-1460>

³ Doctor en Biotecnología. Profesor Investigador, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México: <http://orcid.org/0000-0002-1950-4810>

La mayoría de los estudios relacionados con esta especie giran en torno a aspectos como: desarrollo gonadal y ciclo reproductivo (Santamaría-Miranda *et al.*, 2003), crecimiento (Garduño-Dionate *et al.*, 2010), hábitos alimentarios (Santamaría-Miranda *et al.*, 2003) y su situación pesquera (Díaz-Uribe *et al.*, 2004).

Por otro lado, aunque la extinción es un proceso natural, se debe admitir que la adaptación a los cambios en el ambiente y la especiación son procesos naturales que requieren de la diversidad (SEMARNAT-CONAFOR, 2011). La información sobre la estructura genética de las especies de peces de importancia comercial son de relevancia para el manejo sustentable para evitar daños ecológicos y para garantizar la gestión sostenible y eficaz de los recursos y sistemas de explotación, esta información permite saber dónde y cómo se distribuye la diversidad para establecer las prioridades de conservación (Olsson *et al.*, 2007); poniendo de manifiesto la necesidad de aumentar los esfuerzos de conservación de algunas especies en toda su área de distribución y durante algunos periodos de su ciclo de vida para reducir al mínimo los riesgos de extinción (Takahashi *et al.*, 2015), así como también realizar el monitoreo de poblaciones (Garber *et al.*, 2004).

En el caso específico de *L. peru* también es de suma importancia el establecimiento de una talla mínima de captura para evitar la pesca de juveniles, respetar la talla de primera madurez sexual y los grupos de edad adulta cercanos a la plataforma externa que proveen cíclicamente los individuos pescables que permitan mantener un buen tamaño de la población (SAGARPA-INAPESCA, 2006).

En el presente estudio se analiza la diversidad genética y la estructura poblacional del huachinango del Pacífico mexicano mediante marcadores de tipo microsatélites nucleares y secuenciación de ADNmt, por las ventajas que ofrecen respecto a otros marcadores. Es bien conocido que los microsatélites son heredados de forma mendeliana y son altamente polimórficos (Hancock, 1999). Las mutaciones en estas regiones del genoma pueden deberse a alteraciones en la secuencia de la unidad repetida, variaciones en el número de copias de esta, y errores en su transcripción (Eisen, 1997). Por otro lado, el ADNmt se hereda de forma materna y se considera que la tasa de mutación del ADNmt es 10 veces más elevada que la del ADN nuclear,

debido a que los sistemas de reparación de errores en la replicación del ADN son mucho menos sofisticados en las mitocondrias (Solari, 2004). Por lo anterior, ambos son muy útiles para la evaluación de diversidad, por su tipo de herencia y sus tasas de mutación ayudan a generar información comparable y muy informativa, que los ha llevado a formar parte de múltiples estudios sobre variación genética tanto de especies silvestres, como cultivadas (Takahashi *et al.*, 2015); y estudios sobre diferenciación genética y estructura poblacional (Garber *et al.*, 2004).

Resultados y discusión

Se analizó la diversidad genética de huachinango del Pacífico en las localidades de Topolobampo y Guasave, Sinaloa, y Acapulco, Guerrero, usando regiones del ADNmt con alta, intermedia y baja tasa de mutación, la región control (*D-loop*), y los genes *citocromo B* (*Cyt B*) y subunidad 4 de la *NADH deshidrogenasa* (*NADH4*), así como también de la adaptación de 3 *loci* microsatélites reportados para una especie filogenéticamente cercana (Heist y Gold, 2000; Gold *et al.*, 2001).

Se encontraron valores del índice de fijación (*Fst*) de 0.03322, 0.7035 y 0.01195 para *D-loop*, *Cyt B* y *NADH4* (Tabla 1), estos concuerdan con los reportados por Rocha-Olivares y Sandoval-Castillo (2003) respecto a la estructura genética poblacional en esta misma especie, debido a que los valores de *Fst* encontrados revelan bajos niveles de diferenciación genética para las tres regiones analizadas.

La diversidad haplotípica (*h*) fue alta para las tres regiones analizadas encontrándose entre 0.98-1 y la diversidad nucleotídica (π) fue de 2.4 %, 1.4 % y 0.76 % para *D-loop*, *Cyt B* y *NADH4*, respectivamente (Tabla 1). Otros autores reportan valores de $h = 0.946$ y 0.966 , y para $\pi = 2.1$ y 3.23 %, mencionando que estos son valores considerados como altos niveles para ambos índices de diversidad genética (Rocha-Olivares y Sandoval-Castillo, 2003; Garber *et al.*, 2004).

Por otro lado, el análisis a través de los loci *Lca91*, *Prs275* y *Prs328* mostró que el tamaño alélico varió de 130 a 236 pb y el promedio de alelos por locus fue de 16, con un rango de 13 a 23. El AMOVA mostró una

diferenciación pequeña entre las localidades de estudio, donde el índice de fijación fue de 0.044, situando a los organismos analizadas en una escala de diferenciación pequeña.

TABLA 1. *Diversidad nucleotídica (π), diversidad haplotípica (h) e índice de fijación (F_{st}).*

<i>Gen</i>	<i>Localidad</i>	<i>N</i>	<i>Haplotipos</i>	π	<i>h</i>	<i>Fst</i>
D-loop	Acapulco	15	15	0.022203	1	0.03322
	Topolobampo	15	14	0.025904	0.9905	
Cytb	Acapulco	15	15	0.019758	1	0.07035
	Topolobampo	15	13	0.008373	0.9810	
NADH4	Acapulco	15	13	0.007684	0.9810	0.01195
	Topolobampo	15	13	0.007619	0.9810	

Conclusiones

La información generada con ambos marcadores moleculares revela que la diversidad genética de *L. peru* en el Pacífico mexicano es alta, la diferenciación genética entre los organismos de las localidades muestreadas es pequeña; lo que sugiere que se encuentran formando una sola población, aunque es necesario un análisis con un número mayor de organismos para llegar a la conclusión final.

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento parcial a través del proyecto titulado “Estado de salud de la población silvestre de *Lutjanus peru*, *L. guttatus* y *L. argentiventris* en el océano Pacífico mexicano” del Fondo de investigación básica SEP-Conacyt No. 166616 otorgado al proyecto. AML es becaria Conacyt no. 395412.

Referencias

Díaz-Uribe, J. G., Chavez, E. A., Elorduy-Garay, J. F. (2004). Evaluación de la pesquería de

- huachinango (*Lutjanus peru*) en el suroeste del Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 30 (4): 561-574.
- Eisen, A. J. (1997). Mechanistic basis for microsatellite instability. En: Goldstein D. B., C Schlötterer (eds) *Microsatellites, Evolution and Applications*. Oxford University Press U.S.A.
- Garber, A. F., Tringali, M. D., Stuck, K. C. (2004). Population structure and variation in red snapper (*Lutjanus campechanus*) from the Gulf of Mexico and Atlantic coast of Florida as determined from mitochondrial DNA control region sequence. *Marine Biotechnology*, 6: 175-185
- Garduño-Dionate, M., Unzueta-Bustamante, M. L., Hernández-Martínez, M., Lorán-Núñez, R. M., Martínez-Isunza, F. R. (2010). Crecimiento de huachinangos juveniles silvestres (*Lutjanus peru*) en un encierro de engorda en Puerto Vicente Guerrero, Guerrero, México. *Ciencia Pesquera*, 18 (1): 93-96.
- Gold, J. R., Pek, E., Rihardson, L. R. (2001). Microsatellite variation among red snapper (*Lutjanus campechanus*) from the Gulf of Mexico. *Marine Biotechnology*, 3. 293-304.
- Hancock, J. M. (1999). Microsatellites and other simple sequences: genomic context and mutation mechanisms. En: Goldstein D. B., C Schlötterer (eds) *Microsatellites, Evolution and Applications*. Oxford University Press U.S.A.
- Heist, E.J., and Gold, J.R. (2000) DNA microsatellites and genetic structure of red snapper (*Lutjanus campechanus*) in the Gulf of Mexico. *Transactions of the American Fisheries Society*, 129:469-475.
- Olsson, J., Aho, T., Florin, A. B., Vainikka, A., Bekkevold, D., Dannewitz, J., Hindar, K., Koljonen, M. L., Laikre, L., Magnussen, E., Pálsson, S. (2007). Genetic research on commercially exploited fish species in Nordic countries. Nordic Council of Ministers, Copenhagen. 11-16 pp.
- Rocha, A., Sandoval, J.R. (2003). Diversidad mitocondrial y estructura genética en poblaciones alopatricas del huachinango del pacífico *Lutjanus peru*. *Ciencias Marinas*, 29 (2): 197-209.
- SAGARPA-INAPESCA (2006). Carta Nacional Pesquera. Primera Sección: 24- 30 pp.
- SAGARPA-INAPESCA (2010). Carta Nacional Pesquera. Segunda sección: 40-48 pp.
- SAGARPA-INAPESCA (2014). Sustentabilidad y Pesca Responsable en México Evaluación y Manejo. Beléndez L. F., Espino E., Galindo G., Gaspar M. T., Huidobro L., y Morales E. (Eds). 2014. 142-175 pp.
- Santamaría-Miranda, A., Elorduy-Garay, J. F., Rojas-Herrera, A. A. (2003). Hábitos alimentarios de *Lutjanus peru* (Pisces: Lutjanidae) en las costas de Guerrero, México. *Revista de Biología Tropical*, 51 (2): 503-51.
- Santamaría-Miranda, A., Elorduy-Garay, J. F., Villalejo-Fuente, M., Rojas-Herrera, A. A. (2003). Desarrollo gonadal y ciclo reproductivo de *Lutjanus peru* (Pisces: Lutjanidae) en Guerrero, México. *Revista de Biología Tropical*, 51 (2): 489-502.
- SEMARNAT-CONAFOR (2011). Manual genético de la conservación. Principios aplicados para la conservación de la diversidad biológica. Loo, JA (Eds). 2011.11-23 pp.
- Solari, A. J. (2004). Genética humana. Fundamentos y aplicaciones en Medicina. Editorial Médica Panamericana. Tercera edición. 300 pp.

Takahashi, H., Takeshita, N., Tanoue, H., Ueda, S., Takeshima, H., Komatsu, T., Kinoshita, I., Nishid, M. (2015). Severely depleted genetic diversity and population structure of a large predatory marine fish (*Lates japonicus*) endemic to Japan. *Conservation Genetic*, 16:1155–1165.

PARTE 8

ANÁLISIS DEL CULTIVO DE LARVAS Y JUVENILES

18. Alimento vivo para cultivo larvario de Lutjánidos

ÁNGEL HUMBERTO ROJO CEBREROS¹

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.151.18>

Introducción

Los exitosos cultivos larvarios de peces marinos hacen posible la transición de nivel experimental a comercial; en la actualidad existen industrias dedicadas a la producción de juveniles que basan su éxito en programas de cultivo larvario especializados (Marte, 2003). Por ejemplo, los cultivos de lubina (*Dicentrarchus labrax* Linneo, 1758) y dorada (*Spaurus aurata* Linnaeus, 1758) se expandieron de manera significativa por una mayor disposición de juveniles causada por el mejoramiento de sus técnicas de larvicultura (Shields, 2001). Lo anterior sucede cuando los protocolos de cultivo de larvas incrementan las tasas de sobrevivencia y crecimiento durante la compleja etapa de larva a juvenil, a partir del ofrecimiento de condiciones adecuadas entre las que destaca la definición de una estrategia de alimentación que garantice una estable y continua producción de juveniles (García-Ortega, 2009).

Sin embargo, en muchos casos las mortalidades masivas e impredecibles en las primeras semanas después de la eclosión de las larvas de peces marinos sigue siendo un problema importante (Sorgeloos *et al.*, 1998). Respecto al cultivo larvario de pargos (*Lutjanus* spp.), es conocido que se presentan dos periodos de alta mortalidad, el primero corresponde a la transición de fuente de energía, de endógena a exógena, que implica la primera alimentación larval que tiene lugar del día tres al ocho poseclosión (dpe); y la segunda ocurre alrededor del día veinte poseclosión y que puede ser causada

¹ Doctor en Ciencias en Acuicultura. Profesor de la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación. Facultad de Ciencias, UNAM Sisal Yucatán, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8364-296X>

por los cambios fisiológicos en el inicio de la metamorfosis (Emata *et al.*, 1994). En ambos eventos, el crecimiento y supervivencia de las larvas están influenciados principalmente por aspectos nutricionales (García-Ortega, 2009), por lo tanto, son prioridad las investigaciones que se dirigen a establecer los mejores protocolos de alimentación larvaria.

Consideraciones biológicas para la alimentación larvaria de pargos

Por lo anterior, es necesario tomar en cuenta las consideraciones biológicas del desarrollo temprano de los peces marinos; por ejemplo, de acuerdo con Balon (1975) el periodo larval comienza con la nutrición exógena y se extiende hasta la pérdida del pliegue de la aleta media y formación del esqueleto axial. Es decir, la larva se somete a metamorfosis para convertirse en un juvenil.

Las larvas se clasifican en dos tipos: precociales y altriciales (Balon, 1981). Las larvas precociales son aquellas que cuando se agota el saco vitelino parecen pequeños adultos, exhibiendo aletas completamente desarrolladas y un sistema digestivo maduro que incluye un estómago funcional. Dichos peces pueden ingerir y digerir dietas formuladas como primer alimento, y se ejemplifican bien por salmones y truchas que son cultivados en todo el mundo sin requerir alimentos vivos. Por otra parte, las larvas altriciales son aquellas que cuando se agota el saco vitelino presentan un estado relativamente poco desarrollado, el sistema digestivo sigue siendo rudimentario, carece de estómago, presenta boca pequeña y gran parte de la digestión de proteínas se lleva a cabo en células epiteliales del intestino posterior, y son bien representados por los pargos y casi todos los peces marinos tropicales y subtropicales de importancia acuícola (Rojo-Cebreros (a) *et al.*, en preparación). Tal sistema digestivo es incapaz de procesar dietas formuladas de una manera que permita la supervivencia y el crecimiento de larvas comparadas a las alimentadas con alimento vivo (organismos microscópicos que actúan como presas en una corta cadena alimenticia diseñada). Por lo tanto, las larvas altriciales requieren alimento vivo, pero además de la cuestión de la digestibilidad puede haber otras razones importantes en este requerimiento (Bengtson, 2003).

En general, la alimentación durante cultivo larvario de peces marinos se compone de alimentos vivos y micropartículas de dietas formuladas, los cuales pueden ser utilizados de forma secuencial o simultáneamente. Cuando se usan simultáneamente significa que las larvas cuentan con un grado de desarrollo en su capacidad digestiva y la técnica es conocida como coalimentación (Rosenlund *et al.*, 1997). Respecto al alimento vivo, este es representado principalmente por tres elementos; que se utilizan en la mayoría de las laboratorios productores de juveniles de peces marinos (hatcherys en inglés): microalgas, rotíferos y artemia (Bengtson, 2003); y que actualmente en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD-Unidad Mazatlán) cubren a escala piloto los programas de alimentación larvaria de pargo flamenco (*L. guttatus*), huachinango (*L. peru*), pargo colorado (*L. colorado*) y pargo lisa (*L. aratus*) (Ibarra-Castro, com. per.). Además, estos mismos han sido utilizados en el cultivo larvario del pargo de manglar (*L. argentimaculatus*; Emata *et al.*, 1994), pargo dientón (*L. griseus*; Cabrera *et al.*, 1998) y pargo cordero (*L. analis*; Watanabe *et al.*, 1998).

No obstante, otras presas también han sido utilizados en el cultivo larvario de pargos, por ejemplo los copépodos han sido ampliamente propuestos como alternativa a la primera alimentación por el tamaño pequeño de sus nauplios y su alto valor nutricional para el cultivo de pargo flamenco (Puello-Cruz *et al.*, 2015), pargo de manglar (Leu *et al.*, 2003) y pargo rojo (*L. campechanus*; Rhodes y Phelps, 2006). Además algunos ciliados, huevos y trocóforas de ostiones igualmente han sido utilizados como alternativas en la primera alimentación de pargo flamenco (*L. guttatus*; Boza-Abarca *et al.*, 2008), pargo de manglar (Singhagraiwan y Doi, 1993) y pargo rojo (Rhodes y Phelps, 2006); aunque los autores reportan pocos beneficios en términos de crecimiento y sobrevivencia debido al bajo valor nutricional de estas presas (Doi *et al.*, 1997).

El efecto del alimento vivo en la rentabilidad del cultivo larvario

La disposición y cantidad de alimento vivo también es de gran importancia, un reporte muestra que una tonelada (en peso húmedo) del rotífero

B. plicatilis equivalente a 400 mil millones de rotíferos, y de 150 a 240 kg de la microalga *Nannochloropsis* sp. (en peso seco) son necesarios para la producción de 10 millones de juveniles de dorada (~1 gramo) en el mediterráneo (Zmora *et al.*, 1991). Probablemente la necesidad más grande de rotíferos se puede encontrar en Japón, donde una *hatchery* promedio requiere 20 mil millones de rotíferos por día (Fu *et al.*, 1997). Durante la producción de juveniles de pargo flamenco en CIAD-Unidad Mazatlán del 2011 al 2014 se realizó la producción piloto de *Brachionus* sp. en diferentes sistemas de cultivo, para suplir la demanda promedio anual de 83.9 millones de rotíferos por cada 1 000 juveniles producidos (Rojo-Cebreros (b) *et al.*, n. d.).

Por consecuencia, el rubro que más incrementa el costo de producción de una *hatchery* es el alimento vivo (Coutteau y Sorgeloos, 1992), con mayor impacto si los insumos para su producción son importados, debido a que el transporte y aranceles llegan a incrementar dos o tres veces el precio original del producto. En países en desarrollo como México, donde la industria nacional proveedora de insumos acuícolas aún no oferta productos como pastas de microalgas, enriquecedores, quistes de artemia y micropartículas; se requiere establecer estrategias para minimizar o sustituir el uso de insumos importados (Rojo-Cebreros *et al.*, 2016), o fomentar los alimentos vivos que no dependan de estos insumos, debido al impacto significativo que tienen en el costo de producción de juveniles.

El objetivo de la presente revisión es describir los tipos de alimentos vivos que se han utilizado en cultivos de larvas de pargos, resaltar sus ventajas e identificar los retos que su producción implica en la búsqueda de generar una producción estable y económicamente accesible de juveniles de pargo.

Microalgas. En las *hatcherys* de peces marinos, las microalgas se usan como alimento en la producción de rotíferos y en la técnica de cultivo larvario denominada “agua verde”. Los cultivos en agua verde consisten en introducir microalgas en los cultivos larvarios, de preferencia vivas; aunque también se utilizan pastas comerciales de microalgas y micropartículas formuladas con biomasa microalgal (Qin, 2008). Con esta técnica se reportan mejores resultados en términos de sobrevivencia y crecimiento larval en comparación con “agua clara” (Muller-Feuga, 2000).

Sin embargo, dado que pocas larvas se alimentan directamente de microalgas, se ha aplicado un amplio esfuerzo de investigación para entender los mecanismos que producen estos resultados. Algunas pruebas respaldan varias posibilidades, incluida la mejora en las funciones digestivas, aumento del valor nutricional de las presas porque se alimentan de las microalgas antes de ser ingeridas, incremento en la eficiencia de asimilación y mayor contraste de las presas a través del efecto de las microalgas en el campo de luz subacuático (Skiftesvik *et al.*, 2003). Otros beneficios incluyen el mejoramiento de la calidad del agua (Muller-Feuga, 2000), regulación de la población bacteriana (Natrah *et al.*, 2011), efectos probióticos y estimulación inmunológica (Sorgeloos *et al.*, 1995). Beneficios que no pueden ser obtenidos en *hatcherys* que utilizan pastas comerciales de microalgas, debido a que se trata de células inviables que no desempeñan funciones biológicas en los cultivos larvarios (Natrah *et al.*, 2011).

Las larvas de pargos flamencos se cultivan mayormente en técnica de agua verde, que por lo general consiente en una mezcla de dos microalgas vivas; *Nannochloropsis-Isochrysis* (García-Ortega, 2009; Álvarez-Lajonchère *et al.*, 2012; Abdo-De la Parra *et al.*, 2015) aunque en otros reportes se han incluido *Tetraselmis* (García-Ortega *et al.*, 2005; Herrera-Ulloa *et al.*, 2010). Respecto al cultivo larvario del pargo de manglar (Leu *et al.*, 2003) y pargo cordero (Watanabe *et al.*, 1998) se han reportado en agua verde solo de *Nannochloropsis*; e igualmente el pargo rojo (Rhodes y Phelps, 2006) con *Isochrysis*.

Nannochloropsis e *Isochrysis* son microalgas de preferencia por que pueden ser cultivadas en amplios intervalos de salinidad y temperatura; pero principalmente porque presentan significativo valor nutricional para larvas debido a su alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados (Brown *et al.*, 1997; Tonon *et al.*, 2002).

Por otra parte, en lo que respecta al uso de microalgas en la producción de rotíferos en las *hatcherys*, *Nannochloropsis* es el principal alimento de rotíferos (Dhert *et al.*, 2001; Hagiwara *et al.*, 2001; Lubzens *et al.*, 2001). La elección se debe a que *Nannochloropsis* proporciona a los rotíferos un mayor campo de crecimiento en su balance energético (Rojo-Cebreros *et al.*, 2012) *Chaetoceros muelleri* (Cham, propiciando su proliferación; y además su alto contenido de vitamina B₁₂ estimula su reproducción (Yu *et al.*, 1988).

Aunque se debe mencionar que en Japón las *hatcherys* utilizan principalmente biomasa de *Chlorella* para la producción masiva de rotíferos (Qin, 2008), lo cual no se ha practicado en los sistemas de cultivos de rotífero para la producción de juveniles de pargo.

Los costos operativos del cultivo de microalgas en la producción de juveniles de peces marinos pueden representar 30% (Coutteau y Sorgeloos, 1992). Debido a lo anterior, el uso de concentrados microalgales comerciales puede ser la opción técnica más eficiente, especialmente para laboratorios en localidades remotas, donde no sea posible instalar sistemas de producción masivo de microalgas *in situ* (Knuckey *et al.*, 2006). No obstante, los altos costos de importación en países en subdesarrollo provocan que el uso de concentrados microalgales sea económicamente inviable. Tal situación ha impulsado a que los laboratorios generen su propio concentrado de microalgas (Rojo-Cebreros *et al.*, 2016). Entre los beneficios obtenidos por esta estrategia se encuentran: *a*) producción de concentrados durante periodos improductivos de la temporada, *b*) mejor administración para cubrir las necesidades de microalgas, y *c*) reducción de los costos de producción (Knuckey *et al.*, 2006).

Lo anterior implica contar con sistemas de producción de microalgas altamente eficientes, pero que no siempre es posible cumplir por las complicaciones en la cadena de producción, principalmente por la necesidad de tiempo, mano de obra y espacio que suelen ser limitados en los laboratorios. *Nannochloropsis* se cultiva principalmente en interiores de salas, mediante sistema por lotes y semicontinuos. Sin embargo, también se cultivan en grandes estanques tipo *raceway* al aire libre (Carvalho *et al.*, 2006). Aunque *Nannochloropsis* se cultiva ampliamente en los laboratorios de acuicultura, su producción masiva en sistemas abiertos y al exterior sufren colapsos súbitos debido a la depredación por protozoos, contaminación por bacterias y competencia de cianobacterias y otras microalgas (Wurtz, 1964).

La propuesta ante estos retos son los sistemas de fotobioreactores (FBR), los cuales brindan mayor seguridad y eficiencia en la producción de microalgas, al proporcionar cosechas generalmente estables, prácticas y más limpias. Por estas razones, muchas *hatcherys* están implementando el desarrollo de tecnificados FBR que generan biomasa en cantidad y calidad; ya que estos por lo general garantizan altas concentraciones de células para lograr

mayor productividad (Carvalho *et al.*, 2006). De acuerdo a Pulz (2001), un FBR es un dispositivo técnico cerrado diseñado para producir microorganismos fotosintéticos en colaboración con los requerimientos óptimos de luz, mezclado, transferencia de momento, masa y calor (Benavente-Valdés *et al.*, 2012).

Actualmente, se cuenta con importantes avances sobre el cultivo de *Nanochloropsis* (Quinn *et al.*, 2012) Colorado (USA como de *Isochrysis* (Sánchez *et al.*, 2000) en sistemas de FBR; que sin duda formarán parte del sistema de producción de juveniles de peces marinos en el futuro cercano.

Rotíferos. Los rotíferos son el alimento vivo mayormente utilizado en la primera alimentación de larvas de peces marinos (Hagiwara *et al.*, 2007), además alrededor de tres cuartas partes del periodo larval se alimenta con rotíferos. Gracias a sus características biológicas que han permitido desarrollar diversos sistemas de cultivo para asegurar su producción (Dhert *et al.*, 2001), y por su tamaño pequeño, son apropiados para ser ingeridos a la apertura de la boca e inicio de la primera alimentación (Hagiwara *et al.*, 2001).

Por lo general, las larvas de peces presentan boca pequeña al momento de la primera alimentación (Shirota, 1970), lo cual es un inconveniente por la necesidad de suministrar a la brevedad (algunas horas) una presa de tamaño adecuado que pueda ser ingerida y digerida, confiriendo a la larva la capacidad de alimentarse. Existen dos especies de rotíferos que comúnmente son cultivadas para tal finalidad: *Brachionus plicatilis* y *Brachionus rotundiformis*. El tamaño de estos rotíferos es una característica distintiva entre estas especies, *B. plicatilis* (tipo L) son más grandes (130-340 μm de longitud de lorica) y *B. rotundiformis* (tipo S) son generalmente más pequeños (100-210 μm de longitud de lorica) (Chew y Lim, 2005).

Respecto a las larvas de pargos, presentan una boca pequeña a la primera alimentación, por ejemplo la boca del pargo de manglar presenta un tamaño aproximado de 210 μm (ángulo de 90° entre las mandíbulas superior e inferior). Suponiendo que la presa debe ser de 50-75 % del tamaño de la boca (Shirota, 1970), entonces el tamaño del alimento vivo no debe ser mayor a 105-160 μm para ser ingerido por estas larvas; por lo tanto, el rotífero *B. plicatilis* no es idóneo como presa en el cultivo larvario de este pargo (Leu *et al.*, 2003). Por otra parte, las larvas de pargo rojo presentan

un tamaño de boca de 198 μm de ancho y 287 μm de altura al momento de la apertura; al parecer lo suficientemente grande para ingerir rotíferos (Lemus, datos no publicados, en Saillant *et al.*, 2012). Sin embargo, el tamaño de boca a la primer alimentación de las larvas de pargo flamenco son de las más pequeñas en este grupo de peces, se ha reportado que mide alrededor de 180 μm (Puello-Cruz *et al.*, 2015); lo cual ha dificultado esta etapa crítica del cultivo larvario.

Lo anterior ha demandado la búsqueda de presas de tamaño apropiado para la primera alimentación de larvas de pargo flamenco, por lo que en la planta piloto de peces marinos del CIAD-Mazatlán se obtuvo una cepa local del rotífero *B. rotundiformis* que mide 110 μm ancho y 140 μm largo de lórica (Rojo-Cebreros *et al.*, 2016). Esta cepa fue aislada de la eclosión de huevos en diapausa presentes en el sedimento de estanques de una granja de camarón al sur de Sinaloa, México (23°9'10,54"N, 106°18'22,84"W); con el método descrito por Román-Reyes *et al.* (2014). Debido a los buenos resultados a la primera alimentación con larvas de pargo flamenco desde 2013, dicha cepa forma parte de los programas de alimentación larvaria de pargos y de otras especies en dicha planta.

Los rotíferos constituyen un grupo de organismos multicelulares, herbívoros, planctónicos, de tamaños microscópicos y muy prolíficos; que se alimentan por filtración en la columna de agua. Estas características le permiten ser cultivados a altas densidades al ser alimentados con levaduras, microalgas unicelulares y alimentos formulados (Lubzens *et al.*, 2001). La producción de rotíferos y su contribución al desarrollo biotecnológico para el cultivo en ciclo cerrado de varias especies marinas se originó a principios de 1960, cuando se descubrió que podían ser utilizados para alimentar estadios tempranos de larvas de peces marinos (Hirata y Mori, 1967; Ito, 1960). Desde entonces, el éxito de la industria mundial dedicada al cultivo larvario de muchas especies marinas depende en cierto grado de la producción masiva de rotíferos (Lubzens *et al.*, 2001).

El primer sistema que se desarrolló para la producción de rotíferos con fines acuícolas fue el sistema por lotes, el cual alcanzó densidades menores a 200 rotíferos por mililitro ($\text{rot}\cdot\text{ml}^{-1}$) (Hirata, 1980; Lubzens, 1987) y sirvió de base para el establecimiento del sistema semicontinuo. El sistema semicontinuo puede lograr densidades entre 200 y 300 $\text{rot}\cdot\text{ml}^{-1}$ (Fukusho, 1989).

Posteriormente, fue implementado el sistema de cultivo continuo (Walz, 1993) del cual se derivan sistemas de alta densidad, aproximadamente 7 000 rot·ml⁻¹ (Bentley *et al.*, 2008; Önal *et al.*, 2010; Rombaut *et al.*, 2003; Suantika *et al.*, 2001) y de superalta densidad, alrededor de 160 000 rot·ml⁻¹ (Yoshimura *et al.*, 2003).

El sistema tradicional por lotes consiste en mantener varios tanques que se cosechan a intervalos de tiempo para asegurar un suministro continuo de rotíferos, lo cual demanda una mayor mano de obra. Por otro lado, estos sistemas requieren de mucho espacio y los resultados suelen ser inestables e impredecibles (Dhert *et al.*, 2001). El principal inconveniente para el sistema por lotes puede ser la necesidad de producir microalga en cantidad y calidad. Aunque los concentrados o pastas de microalgas comerciales brindan algunas ventajas, la alimentación sigue representando aproximadamente 80 % del costo de producción de rotíferos (Fu *et al.*, 1997; Rojo-Cebreros (b) *et al.*, n.d.).

La imprevisibilidad en el cultivo de rotíferos es un problema significativo de las *hatcherys*, y se ha atribuido a la calidad del agua y a las poblaciones de bacterias degradantes e inestables dentro de los propios cultivos (Dhert *et al.*, 2001; Suantika *et al.*, 2001). En el sistema de cultivo semi-continuo la calidad de agua mejora por la renovación de la misma durante las cosechas parciales y periódicas. Por otra parte, la recirculación en sistemas continuos mantiene estable la calidad del agua a largo plazo (meses) sin renovación de agua. Obviamente, la elección predilecta es el sistema continuo, razón por la cual Hagiwara *et al.* (2001) predijeron que este sistema tendría un gran potencial de propagarse como un método de cultivo de preferencia en la producción masiva de rotíferos del futuro, lo cual a la fecha se ha cumplido.

En resumen, es necesario producir masivamente rotíferos con un sistema eficiente y rentable. Los rotíferos para el cultivo larvario de peces marinos deben presentar un tamaño adecuado y alta calidad nutricional. El último punto es igual de importante que los mencionados anteriormente, razón por la cual se destinó un apartado para tratar aspectos relacionados al valor nutricional de los rotíferos y de otras presas.

Copépodos. Los copépodos son una fuente abundante de alimento natural para etapas tempranas de peces marinos, son altamente nutritivos y

de fácil digestión (Drillet *et al.*, 2011). Razones por las cuales se han utilizado con éxito en los cultivos de larvas de muchas especies de peces marinos; gracias a su tamaño pequeño y a su composición nutricional, en particular por su alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados (PUFAS en inglés, por ejemplo ácido docosahexaenoico; DHA, ácido araquidónico; ARA y ácido eicosapentaenoico; EPA) (Støttrup, 2003). Diversos estudios han demostrado que el valor nutricional de los copépodos es mayor al de rotíferos (Puello-Cruz *et al.*, 2015) y artemia (García-Ortega, 2009), sin enriquecer.

Actualmente se conoce que la incorporación de copépodos como primera alimentación de larvas de peces marinos aumenta el crecimiento y sobrevivencia, y a la vez reduce la incidencia de enfermedades y deformidades (Støttrup y Norsker, 1997; Puello-Cruz *et al.*, 2015). Por lo tanto, han sido ampliamente propuestos como alternativa a la primera alimentación de pargo flamenco (Puello-Cruz *et al.*, 2015), pargo de manglar (Leu *et al.*, 2003) y pargo rojo (Rhodes y Phelps, 2006).

Doi *et al.* (1997) realizaron la alimentación de larvas de pargo de manglar con copépodos silvestres, iniciaron la primera alimentación con nauplios de *Acartia sinjiensis*; y posteriormente, conforme fue el desarrollo de las larvas, ofrecieron copepoditos de *Oithona dissimilis*. Además, en el trabajo de Leu *et al.* (2003) se alimentaron larvas de ese mismo pargo pero sin realizar la identificación de los copépodos.

Las especies de copépodos más estudiadas para la alimentación de pargos, en especial de pargo flamenco son *Tisbe monozota* y *Pseudodiaptomus euryhalinus*; para los cuales se desarrollaron tecnologías de cultivo en CIAD-Unidad Mazatlán (Puello-Cruz *et al.*, 2015). Principalmente por el tamaño pequeño de 68 μm en etapa de nauplio de *T. monozota*, lo cual es ideal para el tamaño a la apertura de boca y primera alimentación de este pargo, sin olvidar su alto valor nutricional (García-Ortega *et al.*, 2005).

Actualmente existen avances importantes en el uso de copépodos en la alimentación de larvas de pargos, pero falta hacer mejoras en los métodos actuales de cultivo, que permitan satisfacer las demandas de los cultivos intensivos de larvas y mantener su rentabilidad económica.

Otras presas pequeñas. Los protozoarios ciliados han sido propuestos como presas para la primera alimentación de larvas de pargos, por las si-

guientes razones: 1) los ciliados a menudo dominan las comunidades en aguas costeras donde ocurre el desarrollo natural de las larvas de pargos, y 2) la mayoría de los ciliados del plancton son similares o de menor tamaño que los nauplios de copépodos. Los mejores candidatos son *Fabrea* sp, *Strombidium* sp, y *Strombilidium* sp. La especie *Fabrea salina*, es un protozoo ciliado relativamente grande, su tamaño varía entre 120-220 por 67-125 μm ; el cual fue evaluado en la primera alimentación del pargo rojo, resultando en una mejor sobrevivencia cuando se administró junto con nauplios de copépodos; que cuando ambas presas se alimentaron por separadas (Rhodes y Phelps, 2006). Esto indica que las larvas de pargos presentan una dependencia de presas pequeñas en un corto periodo de tiempo.

Por otra parte, el estadio trocófora de ostras de mangle (*Crassostrea rhizophorae* Guilding, 1828) fue utilizado en la primera alimentación de larvas del pargo dientón; los reportes señalan que a las 92 horas post-eclosión (hpe) 40 % de las larvas se habían alimentado de trocóforas (Cabrera *et al.*, 1997). Además, en otro trabajo se reportó que estas mismas trocóforas permitieron obtener sobrevivencia de 2.5 % de larvas a 135 hpe de pargo dientón (Cabrera *et al.*, 1998). Sin embargo, los huevos y trocóforas de ostras han sido señalados como inadecuados para el cultivo larvario de pargo de manglar por aspectos principalmente relacionados con el aporte de nutrición de estas presas (Doi y Singhgraiwan, 1993).

Otra estrategia para la obtención de presas pequeñas para larvas de pargo es la producción de neonatos de rotíferos o nauplios de copépodos, mediante tamizado o filtrado que permitan separar presas menores a 100 μm ; inicialmente se hacía con zooplancton silvestre pero se dejó de practicar por no ser sustentable (Doi *et al.*, 1997). Boza-Abarca *et al.* (2008) mencionan haber prefiltrado zooplancton a <150 μm de tamaño para la alimentación de larvas del pargo flamenco.

Artemia. Las artemias son pequeños crustáceos braquiópodos que tienen la capacidad de producir huevos inactivos, conocidos como quistes. Esto ha permitido su uso extensivo en acuicultura (Hagiwara *et al.*, 2001; Shields, 2001) debido a que los quistes son obtenidos de lagos salinos y se ofrecen en el mercado como un insumo acuícola convencional. Los quistes se pueden almacenar durante largos periodos y eclosionarse a demanda y de forma conveniente al cultivo larvario de peces.

De los quistes de artemia eclosiona la primera etapa de desarrollo, los nauplios (300 μm ancho y 500 μm largo, tamaño aproximado que depende del origen del quiste y temperatura de incubación) que no se alimentan, sino que consumen sus propias reservas de energía. En cuestión de horas, los nauplios se desarrollan en la segunda etapa larvaria, metanauplio (400 μm ancho y 800 μm largo, tamaño aproximado). Es importante usar nauplios lo máximo posible para alimentar larvas, en lugar de metanauplios que son transparentes y menos visibles. Además, los metanauplios son aproximadamente 50 % más largos y nadan más rápido que los nauplios; contienen cantidades más bajas de aminoácidos libres, por lo que son menos digeribles y su peso seco individual es más bajo. Sin embargo, cabe mencionar que la calidad nutricional de las artemias disponibles comercialmente es relativamente pobre en EPA y especialmente en DHA, por lo que una práctica común y esencial es aprovechar a favor la alimentación exógena de los metanauplios para enriquecerlos con emulsiones de aceites marinos (Sorgeloos *et al.*, 2001).

Lo anterior surgió al descubrir una fuente de artemia con altos niveles de EPA, que resultó en la producción exitosa de larvas de peces marinos. Debido a estos hallazgos, se hizo mayor hincapié en aumentar los niveles de EPA en rotíferos y artemias. Sin embargo, también se debe prestar atención a los niveles DHA en artemia, debido a que la buena sobrevivencia parece estar correlacionada con altos niveles de EPA; pero el mejor crecimiento se logra con los niveles más altos de DHA. Por lo tanto, se debe procurar ofrecer a las larvas artemias con altas proporciones de DHA / EPA para promover el crecimiento, resistencia al estrés y pigmentación (Sorgeloos *et al.*, 1995).

Las artemias son indispensables en los protocolos de cultivo larvario de pargos, todos los programas de alimentación para las especies de pargos que fueron revisados contemplan el uso de nauplios y metanauplios de artemia. Por lo tanto, se recomienda consultar las indicaciones del proveedor del quiste y revisar las técnicas descritas en manuales (Naser y Sorgeloos, 2005) para aprovechar de la mejor manera este recurso. Los inconvenientes por la dependencia de artemia en el cultivo larvario de pargos son la escasez mundial y costos elevados de los quistes de artemia, que han impulsado el reemplazo de esta por alimentos microparticulados comerciales para reem-

plazar parcialmente su uso y permitir el destete más temprano de las larvas (Shields, 2001).

Bioencapsulación de rotíferos y artemia. Como se mencionó anteriormente, los rotíferos y artemias son las presas de mayor uso en el cultivo larvario de peces marinos. Otro aspecto que tienen en común es que ambos son organismos filtradores por lo que su valor nutricional como alimento vivo depende directamente de los elementos nutricionales de su entorno o medio de cultivo. Sin embargo, suelen carecer de nutrientes esenciales para las larvas (García-Ortega, 2009). Por tal razón, antes de ser ofrecidos en el cultivo larvario deben ser enriquecidos con aminoácidos esenciales, altos niveles de proteínas, vitaminas y ácidos grasos a través de emulsiones lipídicas en el medio de enriquecimiento (Hamre *et al.*, 2013).

La incorporación de elementos nutricionales o medicamentos en el alimento vivo se ha denominado bioencapsulación (Imelda, 2003). Este método es el más adecuado para mejorar la nutrición de las larvas o para administrar terapias por medicamentos, probióticos o inmunoestimulantes en cultivos larvarios (Duis *et al.*, 1995) *Scophthalmus maximus* debido a que presenta ventajas como son la dosificación regulada, minimiza los riesgos de lixiviación, no provoca estrés y permite hacer masivamente el tratamiento de larvas (Robles *et al.*, 1998).

Este punto es de tal importancia que algunos autores han considerado que la transición exitosa del nivel piloto a la escala comercial del cultivo larvario de peces marinos se logra cuando se cuenta con el conocimiento de los requerimientos nutricionales de las larvas; principalmente de ácidos grasos poliinsaturados (PUFAS), combinado con el desarrollo de protocolos de enriquecimiento de alimento vivo basados en tal conocimiento (Sorgeoos *et al.*, 1995).

Por ejemplo, el pobre crecimiento y baja sobrevivencia de larvas de pargo flamenco durante los primeros cultivos experimentales se debieron probablemente al escaso contenido de PUFAS en rotíferos (García-Ortega *et al.*, 2005). Posteriormente, los experimentos de larvicultura del pargo flamenco incluyeron los protocolos de enriquecimiento de rotíferos y metanauplios de artemia permitiendo mejorar estas variables; inicialmente se utilizaban cultivos de microalgas (principalmente *Isochrysis* sp. por su alto contenido en DHA, pero también con *Nannochloropsis* por su aportación de EPA y ARA)

y después se adoptaron los productos comerciales con diferentes fuentes y grados de relación de DHA / EPA / ARA (Abdo-De la Parra *et al.*, 2015).

En resumen, la aplicación de enriquecedores comerciales es una necesidad para cubrir los requerimientos nutricionales de las larvas, además de que brindan muchas ventajas técnicas, pero su inconveniente es el costo económico que impacta en la rentabilidad del cultivo larvario.

Deshabitación alimentaria. La deshabitación alimentaria es la sustitución del alimento vivo por dietas formuladas, coloquialmente conocido como “destete” (*weaning* en inglés). Se realiza cuando las larvas han madurado su sistema digestivo, que por lo general es muy cercano a la transformación a juvenil. Sin embargo, está sumamente relacionado con la técnica de coalimentación (Rosenlund *et al.*, 1997) en la cual se usan desde temprano (escasos dpe) y de manera simultánea el alimento vivo y dietas formuladas.

Durante el destete de pargo flamenco, se realizó una reducción de 20 % por día en la cantidad de metanauplios de artemia y la cantidad de dieta formulada se incrementó. Después de cinco días de destete, todas las larvas se alimentaron activamente solo de dieta formulada (García-Ortega *et al.*, 2005). Por otra parte, se reportó que la máxima actividad de las enzimas pepsina y tripsina se observaron a 35 dpe en larvas de pargo flamenco. Esto sugiere que el destete puede iniciarse del 20-25 dpe, ya que estas desarrollan un estómago funcional entre esos días. Lo cual modifica el protocolo común que realiza el destete del 28-30 dpe (Galaviz *et al.*, 2012). Una conclusión similar se obtuvo con larvas de huachinango, que presentaron aparición de glándulas gástricas y ciego pilórico del 24-30 dpe; la presencia de las glándulas gástricas sugiere que puede ser posible un destete temprano. Los autores propusieron que el destete podría ocurrir del 20-25 dpe en lugar del protocolo actual que incluye iniciar del 28-30 dpe (Peña *et al.*, 2016).

En resumen, realizar temprano y correctamente el destete es muy importante; inclusive cuando puede hacerse con una semana de antelación a lo programado, porque reduce el uso de alimentos vivos (metanauplios enriquecidos de artemia para el caso de pargos) sin efectos significativos sobre crecimiento y sobrevivencia de los peces, mejorando así la rentabilidad de la producción de juveniles.

Conclusiones

El alimento vivo es de gran importancia en el cultivo larvario de pargos, por lo que la pregunta constante es: ¿Cómo se pueden reducir al mínimo los costos de producir alimento vivo en cantidad y calidad para que se puedan ofertar juveniles a menor costo?

Referencias

- Abdo-De la Parra, I., Rodríguez-Ibarra, L.E., Oca, G.R. De, Velasco-Blanco, G., Ibarra-Castro, L., Reproducción, L. De, Ciencias, y F. De (2015). Estado actual del cultivo de larvas del pargo flamenco (*Lutjanus guttatus*) 43, 415–423. doi:10.3856/vol43-issue3-fulltext-3
- Álvarez-Lajonchère, L., Abdo-De la Parra, M.I., Rodríguez Ibarra, L.E., Velasco Blanco, G., Puello-Cruz, A. C., González Rodríguez, B., Ibarra-Soto, A., y Ibarra Castro, L. (2012). The Scale-up of Spotted Rose Snapper, *Lutjanus guttatus*, Larval Rearing at Mazatlan, Mexico. *J. World Aquac. Soc.* 43, 411–422. doi:10.1111/j.1749-7345.2012.00573.x
- Balon, E.K. (1981). Saltatory Processes and Altricial to Precocial Forms in the Ontogeny of Fishes Author (s): Eugene K. Balon Published by: Oxford University Press Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/3882651> Your use of the JSTOR archive indicates your acceptance of 21, 573–596.
- Balon, E.K. (1975). Terminology of Intervals in Fish Development. *J. Fish. Res. Board Canada* 32, 1663–1670.
- Benavente-Valdés, J.R., Montañez, J.C., Aguilar, C.N., Méndez-Zavala, A., y Valdivia, B. (2012). Tecnología De Cultivo De Microalgas En Fotobiorreactores. *Rev. Científica la Univ. Autónoma Coahuila* 4, 12.
- Bengtson, D.A. (2003). Status of Marine Aquaculture in Relation to Live Prey: Past, Present and Future, in: Støttrup, J.G., McEvoy, L.A. (Eds.), *Live Feeds in Marine Aquaculture*. pp. 1–13. doi:10.1111/j.1365-2109.2004.01032.x
- Bentley, C.D., Carroll, P.M., Watanabe, W.O., y Riedel, A.M. (2008). Intensive rotifer production in a Pilot-scale continuous culture recirculating system using nonviable microalgae and an ammonia neutralizer. *J. World Aquac. Soc.* 39, 625–635. doi:10.1111/j.1749-7345.2008.00201.x
- Boza-Abarca, J., Calvo-Vargas, E., Solís-Ortiz, N., y Komen, J. (2008). Desove inducido y crecimiento larval del pargo manchado, *Lutjanus guttatus* en la Estación de Biología Marina de Puntarenas, Costa Rica. *Ciencias Mar.* 34, 239–252.
- Brown, M.R., Jeffrey, S.W., Volkman, J.K., y Dunstan, G.A. (1997). Nutritional properties of microalgae for mariculture. *Aquaculture* 151, 315–331.
- Cabrera, R., Cabrera, B., y Millan, Q. (1998). Inducción al desove del pargo de mangle,

- Lutjanus griseus* (Linnaeus 1758) (Pisces:Lutjanidae), sexualmente maduro en cautiverio. Arq. Cien. Mar. Fortaleza 31, 57–63.
- Cabrera, T., Rosas, J., y Millan, J. (1997). Reproducción y desarrollo larvario del pargo dienton (*Lutjanus griseus*, L. 1758)(Pisces:Lutjanidae) cultivo en cautiverio. Caribb. J. Sci. 33, 230–245.
- Carvalho, A.P., Meireles, L. a, y Malcata, F.X. (2006). Microalgal reactors: a review of enclosed system designs and performances. Biotechnol. Prog. 22, 1490–1506. doi:10.1021/bp060065r
- Chew, W.Y.S., y Lim, H.S. (2005). Some improvements to the rotifer (*Brachionus rotundiformis*) mass culture method. Singapore J Pri Ind 32, 52–58.
- Coutteau, P., y Sorgeloos, P. (1992). The requirement for live algae and their replacement by artificial diets in the hatchery and nursery rearing of bivalve molluscs: an international survey. J. Shellfish Res. 11, 467–476.
- Dhert, P., Rombaut, G., Suantika, G., y Sorgeloos, P. (2001). Advancement of rotifer culture and manipulation techniques in Europe. Aquaculture 200, 129–146. doi:10.1016/S0044-8486(01)00697-4
- Doi, M., Ohno, A., Kohno, H., Taki, Y., y Singhagraiwan, T. (1997). Development of Feeding Ability in Red Snapper *argentimaculatus* Early Larvae 63, 845–853.
- Doi, T., y Singhagraiwan, T. (1993). Biology and Culture of the Red Snapper, *Lutjanus argentimaculatus*. Kingdom of Thailand, Eastern Marine Fish.
- Drillet, G., Frouël, S., Sichlau, M.H., Jepsen, P.M., Højgaard, J.K., Joardeer, A.K., y Hansen, B.W. (2011). Status and recommendations on marine copepod cultivation for use as live feed. Aquaculture 315, 155–166. doi:10.1016/j.aquaculture.2011.02.027
- Duis, K., Hammer, C., Beveridge, M.C.M., Inglis, V., y Braum, E. (1995). Delivery of quinolone antibacterials to turbot, *Scophthalmus maximus* (L.), via bioencapsulation: quantification and efficacy trial. J. Fish Dis. 18, 229–238. doi:10.1111/j.1365-2761.1995.tb00298.x
- Emata, A.C., Eullaran, B., y Bagarinao, T.U. (1994). Induced spawning and early life description of the mangrove red snapper, *Lutjanus argentimaculatus*. Aquaculture 121, 381–387. doi:10.1016/0044-8486(94)90272-0
- Fu, Y., Hada, A., Yamashita, T., Yoshida, Y., y Hino, A. (1997). Development of a continuous culture system for stable mass production of the marine rotifer *Brachionus*. Hydrobiologia 358, 145–151. doi:10.1023/A:1003117430926
- Fukusho, K. (1989). Biology and mass production of the rotifer, *Brachionus plicatilis* (1). Int. J. Fish. Aquac. 68–76.
- Galaviz, M., García-Ortega, A., Gisbert, E., López, L., y García-Gasca, A. (2012). Expression and activity of trypsin and pepsin during larval development of the spotted rose snapper *Lutjanus guttatus*. Comp. Biochem. Physiol. - B Biochem. Mol. Biol. 9–16. doi:10.1016/j.cbpb.2011.09.001
- García-Ortega, A. (2009). Nutrition and feeding research in the spotted rose snapper (*Lutjanus guttatus*) and bullseye puffer (*Sphoeroides annulatus*), new species for marine aquaculture. Fish Physiol. Biochem. 35, 69–80. doi:10.1007/s10695-008-9226-1

- García-Ortega, A., Abdo-de la Parra, M.I., Duncan, N.J., Rodríguez-Ibarra, L.E., Velasco-Blanco, G., González-Rodríguez, B., Puello-Cruz, A.C., y Martínez, I., (2005). Larval rearing of the spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* under experimental conditions. LARVI '05 - Fish Shellfish Larvic. Symp. doi:10.13140/RG.2.1.4241.9683
- Hagiwara, A., Gallardo, W.G., Assavaaree, M., Kotani, T., y De Araujo, A.B. (2001). Live food production in Japan: Recent progress and future aspects. *Aquaculture* 200, 111–127. doi:10.1016/S0044-8486(01)00696-2
- Hagiwara, A., Suga, K., Akazawa, A., Kotani, T., y Sakakura, Y. (2007). Development of rotifer strains with useful traits for rearing fish larvae. *Aquaculture* 268, 44–52. doi:10.1016/j.aquaculture.2007.04.029
- Hamre, K., Yúfera, M., Rønnestad, I., Boglione, C., Conceição, L.E.C., y Izquierdo, M. (2013). Fish larval nutrition and feed formulation: Knowledge gaps and bottlenecks for advances in larval rearing. *Rev. Aquac.* 5. doi:10.1111/j.1753-5131.2012.01086.x
- Herrera-Ulloa, A., Chacón-Guzmán, J., Zúñiga-Calero, G., y Jiménez-Montealegre, R. (2010). Spotted red snapper (*Lutjanus guttatus*) aquaculture research and development as socio-economic alternative for Costa Rican fishing communities. *World Aquac. Mag.* 2004, 20–22.
- Hirata, H. (1980). Culture methods of the marine rotifer, *Brachionus plicatilis*. *Mini Rev. Data File Fish. Res. / Fish. Res. Lab. Fac. Fish. Kagoshima Univ.* 27–46.
- Hirata, H., y Mori, Y. (1967). Mass culture of the marine rotifer fed baker's yeast. *Saibai Gyogyo* 36–40.
- Imelda, J. (2003). Bioencapsulation of live feeds (No. 19). *Tatapuran, India.*
- Ito, T. (1960). On the culture of the mixohaline rotifer *Brachionus plicatilis* O. F.Muller, in sea water. *Rep. Fac. Fish. Prefect. Univ. Mie* 708–740.
- Knuckey, R.M., Brown, M.R., Robert, R., y Frampton, D.M.F. (2006). Production of microalgal concentrates by flocculation and their assessment as aquaculture feeds. *Aquac. Eng.* 35, 300–313. doi:10.1016/j.aquaeng.2006.04.001
- Leu, M.Y., Chen, I.H., y Fang, L.S. (2003). Natural spawning and rearing of mangrove red snapper, *Lutjanus argentimaculatus*, larvae in captivity. *Isr. J. Aquac.* - Bamidgeh 55, 22–30.
- Lubzens, E. (1987). Raising rotifers for use in aquaculture. *Hydrobiologia* 245–255.
- Lubzens, E., Zmora, O., y Barr, Y. (2001). Biotechnology and aquaculture of rotifers. *Hydrobiologia* 446–447, 337–353. doi:10.1023/A:1017563125103
- Marte, C.L. (2003). Larviculture of marine species in Southeast Asia: Current research and industry prospects. *Aquaculture* 227, 293–304. doi:10.1016/S0044-8486(03)00510-6
- Muller-Feuga, A. (2000). The role of microalgae in aquaculture: situation and trends. *J. Appl. Phycol.* 12, 527–534. doi:10.1023/A:1008106304417
- Naser, A., y Sorgeloos, P. (2005). Handbook of protocols and guidelines for culture and enrichment of live food for use in larviculture. *Urmia-Iran Ediciones Artemia Aquat. Anim. ...* 60. doi:10.3906/vet-0901-5
- Natrah, F.M.I., Kenmegne, M.M., Wiyoto, W., Sorgeloos, P., Bossier, P., y Defoirdt, T. (2011). Effects of micro-algae commonly used in aquaculture on acyl-homoserine

- lactone quorum sensing. *Aquaculture* 317, 53–57. doi:10.1016/j.aquaculture.2011.04.038
- Önal, U., Çelik, ., y Ergün, S. (2010). The performance of a small-scale, high-density, continuous system for culturing the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Turkish J. Vet. Anim. Sci.* 34, 187–195. doi:10.3906/vet-0901-5
- Peña, R., Dumas, S., y Contreras-Olguín, M. (2016). Organogenesis of the digestive system in Pacific red snapper (*Lutjanus peru*) larvae. *Aquac. Res.* 48, 1561–1575. doi:10.1111/are.12991
- Puello-Cruz, A.C., Flores-Rojas, A.A., Almazán-Rueda, P., y García-Ortega, A. (2015). Use of Copepods during Early Feeding Stages of Spotted Rose Snapper Larvae in a Scale-Up System. *N. Am. J. Aquac.* 77, 230–238. doi:10.1080/15222055.2014.1000472
- Pulz, O. (2001). Photobioreactors: Production systems for phototrophic microorganisms. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 57, 287–293. doi:10.1007/s002530100702
- Qin, J.G. (2008). Larval fish nutrition and rearing technologies: state of the art and future, *Aquaculture Research Trends*.
- Quinn, J.C., Yates, T., Douglas, N., Weyer, K., Butler, J., Bradley, T.H., y Lammers, P.J. (2012). *Nannochloropsis* production metrics in a scalable outdoor photobioreactor for commercial applications. *Bioresour. Technol.* 117, 164–171. doi:10.1016/j.biortech.2012.04.073
- Rhodes, M.A., y Phelps, R.P. (2006). Ciliated Protozoans as Alternative Live Food for First Feeding Red Snapper, *Lutjanus campechanus*, Larvae. *Proceeding 57th Gulf Caribb. Fish. Inst.* 963–973.
- Robles, R., Sorgeloos, P., Duffel, V., y Nelis, H. (1998). Progress in biomedication using live foods. *J. Appl.* 14, 207–212.
- Rojo-Cebreros, A., Román-Reyes, J., Rodríguez-Montes de Oca, G., Nieves-Soto, M., Piña-Valdez, P., y Medina-Jasso, M. (2012). Balance energético del rotífero *Brachionus rotundiformis* (Tschugunoff, 1921), alimentado con cuatro especies de microalgas. *Univ. y Ciencia, trópico húmedo* 28, 231–244.
- Rojo-Cebreros, A.H., Morales-Plascencia, M.E., Ibarra-Castro, L., Martínez-Brown, J.M., y Medina-Jasso, M.A. (2016). Floculación de *Nannochloropsis* sp. inducida por hidróxido de sodio: eficiencia de floculación, efecto sobre la viabilidad microalgal y su uso como alimento para rotíferos. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 44, 662–670. doi:10.3856/vol44-issue4-fulltext-1
- Rojo-Cebreros AH, Ibarra-Castro L, Martínez-Brown JM. Immunostimulation and trained immunity in marine fish larvae. *Fish Shellfish Immunol.* 2018 Sep;80:15-21. doi: 10.1016/j.fsi.2018.05.044. Epub 2018 May 29. PMID: 29857131.
- Rojo-Cebreros (b), A., Ibarra-Castro, L., Guerrero-Carlock, E., Sánchez-Téllez, J., y Álvarez-Lajonchère, L., (2017). Pilot-scale production of rotifer *Brachionus* sp. under different culture systems. *Rev. Biol. Mar. y Oceanogr.* 528 (3), 539-549.
- Román-Reyes, J.C., Castañeda-Rodríguez, D.O., Castillo-Ureta, H., Bojórquez-Domínguez, R., y Rodríguez-Montes de Oca, G.A. (2014). Dinámica poblacional del rotífero *Brachionus ibericus* aislado de estanques para camarón, alimentado con diferentes

- dietas fed with different diets. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 42, 1159–1168. doi:10.3856/vol42-issue5-fulltext-19
- Rombaut, G., Grommen, R., Zizhong, Q., Vanhoof, V., Suantika, G., Dhert, P., Sorgeloos, P., y Verstraete, W. (2003). Improved performance of an intensive rotifer culture system by using a nitrifying inoculum (ABIL). *Aquac. Res.* 34, 165–174. doi:10.1046/j.1365-2109.2003.00798.x
- Rosenlund, G., Stoss, J., y Talbot, C. (1997). Co-feeding marine fish larvae with inert and live diets. *Aquaculture* 155, 183–191. doi:10.1016/S0044-8486(97)00116-6
- Saillant, E. A., Leclercq, E., Bardon-albaret, A., Sarkisian, B., Apeitos, A., Brown-peterson, N.J., Lemus, J.T., Buentello, A., Pohlenz, C., y Lii, D.M.G. (2012). Development of Aquaculture of the Red Snapper *Lutjanus campechanus*: Research on Larval Nutrition Desarrollo de la Acuicultura de Pargo Rojo *Lutjanus campechanus*: Investigación sobre Nutrición de Larva Développement de L' aquaculture du Vivaneau Campèch.
- Sánchez, S., Martínez, M.E., y Espinola, F. (2000). Biomass production and biochemical variability of the marine microalga *Isochrysis galbana* in relation to culture medium. *Biochem. Eng. J.* 6, 13–18. doi:10.1016/S1369-703X(00)00071-1
- Shields, R.J. (2001). Larviculture of marine finfish in Europe. *Aquaculture* 200, 55–88. doi:10.1016/S0044-8486(01)00694-9
- Shirota, A. (1970). Studies on the Mouth Size of Fish Larvae. *Bull. Japanese Soc. Sci. Fish.* 36, 353–368.
- Singhagraiwan, T., y Doi, M. (1993). Induced spawning and larval rearing of the red snapper, *Lutjanus argentimaculatus*, at the Eastern Marine. *Fish. Dev. Center. Thai Mar. Fish. Res. Bull.* 45–57.
- Skiftesvik, a B., Browman, H.I., y St-Pierre, J.F. (2003). Life in green water: the effect of microalgae on the behaviour of Atlantic cod (*Gadus morhua*) larvae. *Big Fish Bang* 97–103.
- Sorgeloos, P., Dhert, P., y Candreva, P. (2001). Use of the brine shrimp, *Artemia* spp., in marine fish larviculture. *Aquaculture*. 200:147–159.
- Sorgeloos, P., Dehasque, M., Dhert, P., y Lavens, P. (1995). Review of some aspects of marine fish larviculture. *ICES Mar. Sci. Symp.* 201, 138–142.
- Støttrup, J., y Norsker, N. (1997). Production and use of copepods in marine fish larviculture.pdf. *Aquaculture* 155, 231–247.
- Støttrup, J.G., (2003). Production and Nutritional Value of Copepods. *Live Feed. Mar. Aquac.* 145–205. doi:10.1002/9780470995143.ch5
- Suantika, G., Dhert, P., Rombaut, G., Vandenberghe, J., De Wolf, T., y Sorgeloos, P. (2001). The use of ozone in a high density recirculation system for rotifers. *Aquaculture* 201, 35–49. doi:10.1016/S0044-8486(01)00532-4
- Tonon, T., Harvey, D., Larson, T.R., y Graham, I.A. (2002). Long chain polyunsaturated fatty acid production and partitioning to triacylglycerols in four microalgae. *Phytochemistry* 61, 15–24. doi:10.1016/S0031-9422(02)00201-7
- Walz, N. (1993). Model simulations of continuous rotifer cultures. *Hydrobiologia* 165–170.

- Watanabe, W.O., Ellis, E.P., Ellis, S.C., Chaves, J., Manfredi, C., Hagood, R.W., Sparsis, M., y Arneson, S. (1998). Artificial Propagation of Mutton Snapper *Lutjanus analis*, A New Candidate Marine Fish Species for Aquaculture. *J. World Aquac. Soc.* 29, 176–187. doi:10.1111/j.1749-7345.1998.tb00977.x
- Wurtz, A. (1964). Some Problems Remaining in Algae Culturing, in: D.F., J. (Ed.), *Algae and Man*. Springer, Boston, MA, pp. 120–137.
- Yoshimura, K., Tanaka, K., y Yoshimatsu, T. (2003). A novel culture system for the ultra-high-density production of the rotifer, *Brachionus rotundiformis* - A preliminary report. *Aquaculture* 227, 165–172. doi:10.1016/S0044-8486(03)00501-5
- Yu, J., Hino, A., Hirano, R., y Hirayama, K. (1988). Vitamin B12-producing bacteria as a nutritive complement for a culture of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 54, 1873–1988.
- Zmora, O., Barr, Y., y Tandler, A. (1991). Report on a visit to several European commercial fish hatcheries. *Isr. Oceanogr. Limnol. Res. Reports* 63.

19. Consideraciones biológicas para la cría larvaria de pargos

LEONARDO IBARRA CASTRO¹

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.151.19>

Introducción

Los pargos o *snappers* (en inglés) pertenecen a la familia *Lutjanidae*. Dentro de esta familia 103 especies están reconocidas como válidas y se agrupan en 17 géneros, de los cuales el género *Lutjanus* es el más diverso, compuesto por 65 especies (Allen, 1987). Los pargos se distribuyen en regiones tropicales y subtropicales del mundo, encontrándose en aguas someras de arrecifes, aguas profundas con fondos rocosos, así como en áreas de manglares que componen sistemas estuarino-lagunares adyacentes al mar. Los pargos tienen gran demanda y altos precios en el mercado. Usualmente su demanda excede la oferta, por lo cual hay una estabilidad en precios (US\$ 5 y 8/kg, FAO, 2009). Por lo anterior, y aunado a que son especies de niveles tróficos superiores, su abundancia no ha soportado la explotación pesquera a la que han sido sometidas (Watanabe *et al.*, 2005). Debido a lo anterior, se genera una ventana para desarrollar tecnologías de cultivo de los pargos; a pesar de que algunas características biológicas provocan dificultades técnicas en el desarrollo de las tecnologías de cultivo, a la fecha se tienen avances significativos al respecto.

El problema fundamental en el desarrollo de técnicas de producción en los pargos es la producción masiva de sus juveniles. No obstante de que hay producciones de juveniles de pargo en diferentes países asiáticos, su desarrollo se encuentra rezagado respecto al que se ha alcanzado en otras

¹ Doctor en Ciencias en Acuicultura. Profesor Asistente en Whitney Laboratorio en la Universidad de Florida, EUA. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2159-9038>

especies de peces marinos (Emata *et al.*, 1994; Davis *et al.*, 2000; Watanabe *et al.*, 2005). Gran parte de los juveniles usados para producción en diferentes países, incluyendo México, se obtienen de capturas silvestres (Emata y Borlongan, 2003; Avilés-Quevedo, 2006). Sin embargo, en Taiwán se han alcanzado producciones de 30 millones de juveniles del pargo raicero de Asia *Lutjanus argentimaculatus* (Yeh *et al.*, 1998), lo cual indica claramente la factibilidad técnica. El objetivo de la presente revisión es describir las características biológicas del grupo de pargos con importancia para el desarrollo de las diferentes etapas de cultivo en cautiverio.

Aspectos reproductivos. En general, los peces marinos son difíciles de cultivar debido a sus estrictos requerimientos de alta calidad ambiental y nutrimental. A nivel internacional se han establecido laboratorios que han desarrollado técnicas de reproducción para especies como sabalote (*Chanos chanos*) y Barramundi (*Lates calcarifer*) en el sureste de Asia, dorada japonesa (*Pagrus major*) en Japón, lobina europea (*Dicentrarchus labrax*) y dorada (*Sparus aurata*) en el Mediterráneo y corvina roja (*Sciaenops ocellatus*) en los Estados Unidos (Tucker, 1998). A través de los trabajos realizados con reproductores en cautiverio se ha observado que una inadecuada nutrición retarda el crecimiento y retarda o impide la maduración sexual (Carrillo *et al.*, 1999). Por otro lado, se ha demostrado que las características morfológicas, fisiológicas y bioquímicas que presenta la progenie son una consecuencia de la nutrición previa de los reproductores antes y durante el proceso reproductivo (Izquierdo *et al.*, 2001). Por consecuencia, si la nutrición es adecuada, se podrán obtener huevos de buena calidad que tendrán un buen potencial para producir larvas viables y garantizar la supervivencia durante la cría larvaria (Carrillo *et al.*, 1999).

La cría larvaria es otro factor limitante del cultivo de peces marinos. Lo anterior está relacionado con la apertura y tamaño de la boca a la primera alimentación, así como la presencia de un simple sistema digestivo durante el inicio de su primera alimentación (Rønnestad *et al.*, 1999). Esta condición morfofisiológica de las larvas de pargos restringe el tipo de presa que puede ser suministrada y tiene como consecuencia una reducida supervivencia a la primera alimentación. De esta forma se ha limitado el suministro de juveniles tanto en cantidad como en calidad. En la actualidad, para pocas especies, la fuente de juveniles depende exclusivamente de las capturas sil-

vestres, lo cual puede considerarse como no sostenible. Por el contrario, la producción de la mayoría de las especies cultivadas comercialmente en Europa y Asia depende exclusivamente de la producción de juveniles en criaderos establecidos (Planas y Cunha, 1999; Watanabe y Vasallo-Agius, 2003), contribuyendo a mantener una acuicultura sostenible. En México, las tecnologías básicas para la producción de juveniles de peces marinos fueron adoptadas, adecuadas y validadas a escala piloto en CIAD-Mazatlán y aplicadas a la producción de huevos, larvas y juveniles del pargo flamenco (*L. guttatus*), huachinango (*L. peru*), pargo colorado (*L. colorado*) y pargo lisa (*L. aratus*).

Características de los huevos y desarrollo embrionario. En general, los peces óseos se caracterizan por ser un grupo de organismos donde los huevos y el desarrollo embrionario pueden presentar múltiples variaciones. La mayoría se clasifican como ovíparos, pero también pueden encontrarse especies vivíparas. El desarrollo embrionario en peces es un fenómeno complejo que sirve para estudiar diversos aspectos de la ontogenia (Benítez *et al.*, 2002). Dichas características pueden ser forma del huevo, tamaño del huevo, características del corion, características del vitelo, presencia o ausencia de glóbulos de aceite, lo ancho del espacio perivitelino y el tiempo que dura el desarrollo embrionario (Ahlstrom y Moser, 1980).

En las distintas especies de pargos el desarrollo de los huevos y larvas sigue un patrón similar. Pueden observarse diferencias entre las especies en el tamaño del huevo, tamaño del glóbulo de aceite, composición del vitelo, cronometría del desarrollo embrionario, tiempo para la eclosión, tamaño a la eclosión, patrón de pigmentación y funcionalidad de los sistemas de órganos (Falk-Petersen, 2005). El género *Lutjanus* se caracteriza por presentar huevos fertilizados con tamaños entre 0.6 y 0.9 mm al momento del desove, los cuales son transparentes, esféricos y pelágicos (Susuky y Hioki, 1979; Rabalais *et al.*, 1980; Minton *et al.*, 1983; Lim *et al.*, 1985; Doi y Singhagraiwan, 1993; Dumas *et al.*, 2004) y se estima que el desarrollo embrionario puede variar entre 18 y 28 h en dependencia de la temperatura. Mientras que el vitelo y glóbulo de aceite puede durar entre 32 y 54 h después de la eclosión.

En diferentes especies de teleósteos se ha demostrado que la temperatura influye en la secuencia de aparición de los órganos y caracteres externos

(Fukuhara, 1990). Por ejemplo, el desarrollo embrionario de *L. guttatus* es similar al de *L. johni* (Lim *et al.*, 1985) en el tiempo de las primeras divisiones celulares (2 y 4 células entre 15 y 30 minutos respectivamente), posteriormente la aparición del cuerpo embrionario, la formación de la cola y la cabeza difieren en tiempo; pero las diferentes estructuras que aparecen de una forma gradual durante el desarrollo embrionario, y en los primeros estadios de vida, son las mismas para las especies componentes del género *Lutjanus*. Por otro lado, la tasa de crecimiento que presenta un embrión durante el desarrollo embrionario está en función de la composición del propio vitelo que presenta el huevo. Mientras que la degradación del vitelo para la formación de tejido somático y organogénesis en una larva de pez marino es una característica muy particular de cada especie. Por lo tanto, entender los mecanismos de absorción de reservas energéticas es de vital importancia cuando se quiere cultivar larvas de peces marinos, ya que dicho consumo puede verse afectado por cambios medioambientales en donde se desarrolla la etapa embrionaria y las primeras 48 horas posecisión, lo cual influye directamente en la supervivencia final del cultivo. Las características anteriores provocan que durante el cultivo de larvas de pargo se presenten una serie de dificultades que complican la producción masiva de juveniles.

Finalmente, las diferencias entre las especies se observan en el tiempo de eclosión, el cual es influenciado por la temperatura del agua, donde cada especie posee un intervalo óptimo para su desarrollo (Polo *et al.*, 1991). En el caso de *Lutjanus guttatus* el huevo fertilizado es esférico, pelágico y transparente como en *L. kasmira* (Susuky y Hioki, 1979), *L. campechanus* (Rabalais *et al.*, 1980; Minton *et al.*, 1983) *L. johni* (Lim *et al.*, 1985), *L. argentimaculatus* (Doi y Singhagraiwan, 1993), *L. peru*, *L. colorado* y *L. aratus*. En conclusión, cada especie posee un intervalo óptimo para su desarrollo, y a medida que la temperatura se aleja en dirección hacia arriba o hacia abajo de dicho intervalo, se incrementan la mortalidad y la aparición de anomalías corporales. Gracias a diferentes resultados obtenidos en diferentes especies de pargos, se puede inferir que tienen características similares en huevos y larvas al momento del desove y eclosión, indicando que las especies de la familia *Lutjanidae* son semejantes en los patrones reproductivos y sus primeros estadios de vida, por lo cual las técnicas de cultivo también son similares.

Consumo de reservas energéticas de origen materno. En general, las larvas de pargo deben encontrar alimento antes de consumir completamente sus reservas nutritivas para tener mayores probabilidades de sobrevivir. De no hacerlo, las larvas están expuestas a morir por inanición. Durante la etapa de primera alimentación existe un tiempo crucial que se conoce como punto de no retorno. Este comprende el lapso entre el consumo completo del vitelo y el momento en el que los órganos del sistema digestivo degeneran, de tal manera que aun cuando se lleguen a alimentar no podrán ingerir, digerir ni asimilar los nutrientes. Esta es una de las causas que provocan mortalidades masivas de larvas en este estadio. Durante esta etapa, la temperatura es una variable importante, ya que influye directamente sobre la duración de los estadios ontogénicos, el rendimiento del consumo del vitelo, tamaño de larvas después de la eclosión, primera alimentación, deformaciones embrionarias, así como los efectos que los progenitores ejercen en su descendencia (kamler, 2002, 2005, 2008). En el caso de las especies de pargo mantenidas en CIAD Unidad Mazatlán se ha determinado que temperaturas bajas (22, y 24 °C) o temperaturas altas (28 y 30 °C) pueden inducir a un lento o rápido metabolismo, incidiendo directamente en el uso de las principales reservas energéticas (vitelo y glóbulo de aceite).

El consumo de las reservas energéticas en peces puede presentar tres fases de absorción. 1) un lento consumo del vitelo y de la gota de aceite, los cuales pueden ser consumidos en la misma proporción (preeclosión). 2) puede observarse un consumo rápido del vitelo, pero no de la gota de aceite (Eclosión-poseclosión) y 3) caracterizada por el agotamiento del vitelo y el consumo de la gota de aceite como última reserva energética (fase terminal) (Nakagawa y Tsuchiya, 1972; Heming y Buddington, 1988).

La absorción de las reservas energéticas en larvas de *L. guttatus*, *L. colorado*, *Lutjanus aratus* y *L. peru* es más rápida durante las primeras 24 h, como sucede en muchas de las especies tropicales (Kuo *et al.*, 1973; Houde *et al.*, 1976; Zavala-Leal, 2007). Tanto el vitelo como la mayor parte de la gota de aceite se consumen durante las primeras 48 horas de vida; dicho comportamiento es similar al observado en el pargo rojo de mangle, *Lutjanus argentimaculatus* (Doi y Singhagraiwan, 1993) y *Lutjanus campechanus* (Williams *et al.*, 2004). Sin embargo, la tasa de absorción y la eficiencia de la utilización del vitelo son parte importante en las primeras fases del

desarrollo, crecimiento y supervivencia de las larvas; la tasa de absorción y la eficiencia del vitelo se ven influenciadas por diversos factores, como por ejemplo de los reproductores (características poblacionales, edad, genética, nutrición y condiciones de manejo durante la maduración sexual). Por lo tanto, las mejores condiciones ambientales para la incubación y cultivo de los primeros estadios larvales son las que se asemejan a las áreas de desove natural (Alvarez-Lajonchère y Hernández-Molejón, 2001). Finalmente, después de un gran número de investigaciones realizadas del efecto de la temperatura, y otros factores sobre la eficiencia en la utilización del vitelo, se dice que los efectos son especie-específicos (Pittman *et al.*, 1989; Blaxter, 1992; Gracia-López *et al.*, 2004). Por lo tanto, si no hay un conocimiento pleno de la especie que se plantea cultivar, se presentaran diversos resultados desde el desove, incubación y primera alimentación larval hasta la supervivencia final de larvas.

Desarrollo larvario. Los pargos son organismos de ontogenia indirecta y sufren una serie de cambios morfológicos para poder transformarse en un juvenil. Como se mencionó anteriormente, la primera alimentación es crucial para la obtención final de juveniles. Esta etapa puede definirse como el periodo de transición de alimentación en larvas (fuente endógena a fuente exógena). Dependiendo de la temperatura de cultivo, la larva puede contar con algunas reservas de vitelo y glóbulo de aceite (que es lo ideal), para que ambos sirvan de reserva energética final, cuando se da una demanda de energía durante la captura de las primeras presas (Moteki *et al.*, 2001).

A la primera alimentación, las larvas de los pargos tienen una longitud notocordal menor de 3 mm y presentan una boca pequeña (entre 160 y 180 μm). En este estadio las larvas disponen de pocas horas para adquirir la capacidad de alimentarse. Lo anterior se complica aún más al necesitar de alimento vivo, generalmente entre las 80 y 140 μm . Lo ideal es usar rotíferos muy chicos (cepa ss-type) o rotíferos tamizados (neonatos), así como nauplios de copépodos, los cuales son difíciles de producir a escala masiva.

Con respecto a los factores ambientales, durante el cultivo larval es importante que estos sean adecuados para lograr un desarrollo armónico, donde la utilización del vitelo y el glóbulo de aceite sea óptima, que los cambios morfológicos relacionados con el inicio de la alimentación exógena (boca funcional, pigmentación de los ojos, formación y estratificación del

tracto digestivo, aparición de los movimientos peristálticos intestinales, así como la formación de las aletas pectorales) se sincronicen antes de que se termine de consumir el vitelo y el glóbulo de aceite. Lo ideal es que las larvas no alcancen el punto de no retorno, para que establezcan una buena nutrición exógena y puedan asegurar una alta supervivencia (Houde, 1974; Santerre y May 1977; Fukuhara 1990; Polo *et al.*, 1991; Doi y Singhgraiwan, 1993; Álvarez-Lajonchère y Hernández-Molejón, 2001). En los diferentes trabajos realizados en CIAD Unidad Mazatlán se observó que un desarrollo adecuado para iniciar la primera alimentación depende de la temperatura. Por ejemplo, a temperaturas de 26 a 28 °C el consumo de las reservas energéticas se da entre 54 y 48 h poseclósion, respectivamente. En general, para larvas de peces tropicales el alimento disponible debe estar durante las 24 h de haber pigmentado los ojos (Houde, 1974; Bagarinao, 1986; Álvarez-Lajonchère y Hernández-Molejón, 2001). El equilibrio en los factores ambientales y fisicoquímicos del cultivo permitirá que las complejas transformaciones morfológicas externas e internas, como un buen inflado inicial de la vejiga de los gases, aparición de las aletas dorsales, aletas pélvicas, inflado final de la vejiga de los gases, maduración del tracto digestivo y aparición de las escamas se lleven a cabo sin alteraciones significativas. Todo lo anterior se podrá alcanzar si se complementa con una alimentación adecuada al momento de combinar el alimento vivo con una dieta seca. Por lo tanto, se concluye que las deficiencias fundamentales en el desarrollo de tecnologías para el cultivo larval de pargos son los porcentajes de supervivencia bajos e inconsistentes durante la etapa del cultivo larvario, debido a la propia biología de la especie y a las diferentes complicaciones de manejo que surgen durante el cultivo larvario.

Pre-engorda de juveniles. El periodo de preengora inicia cuando termina el periodo de larvicultura. Este puede variar dependiendo de la especie y está relacionado con las principales transformaciones que sufren las larvas durante su etapa de cultivo. El fin de los cambios ontogenéticos o metamorfosis ocurre durante el periodo de cultivo conocido como destete. Este periodo es característico en el cultivo de los pargos, porque complican la obtención final de juveniles disponibles para la etapa de preengorda.

Esta etapa de cultivo intermedio o alevinaje permite llevar los juveniles de un peso promedio de 0.5 g hasta 20 g en un periodo corto de tiempo.

En esta etapa los juveniles pueden ser mantenidos en densidades de 1 hasta 5 juveniles por litro, ser alimentados diariamente al menos 8 veces por día y separar las tallas al menos cada 5 días para mantener tasas de crecimiento aceptables. Controlar la gran dispersión de las tallas que puede presentarse en la preengorda de diversas especies de pargo es estrategia para lograr altas supervivencias al final de esta etapa.

Conclusiones

La producción masiva de pargos es técnicamente factible. Densidades de siembra elevadas pueden ayudar a obtener altas cantidades de juveniles al terminar la etapa de preengorda. Una alimentación continua y separación por tallas ayudan a reducir la incidencia del canibalismo. Sin embargo, la separación por tallas en larvas de pargo presenta dificultades, debido a la poca resistencia de las larvas a la manipulación y a una baja calidad de alimento suministrado durante la etapa de cultivo larvario. Por lo tanto, la calidad de alimento suministrado durante todas las etapas de cultivo es importante.

De esta forma, se recomienda seguir haciendo estudios en en esta línea de investigación.

Referencias

- Ahlstrom, Elbert H. y Moser H. Geoffrey. (1980). Characters useful in identification of pelagic marine fish eggs. CalCOFI Rep., Vol. XXI.
- Allen, G. R. (1987). Synopsis of the circumtropical fish genus *Lutjanus* (Lutjanidae). En: J. J. Polovina y S. Palston (eds.), *Tropical snappers and groupers. Biology and management*. London, Westview Press, pp. 33-87.
- Álvarez-Lajonchère L. y Hernández-Molejón O. G. (2001). Producción de juveniles de peces estuarinos para un centro en América Latina y el Caribe: diseño, operación y tecnologías. *The World Aquaculture Society*, Baton Rouge, LA, 424 pp.
- Avilés-Quevedo A. (2006). Engorda de pargo en jaulas flotantes. En: Hernández-Martínez, C. Rangel Dávalos, M. Garduño Dionate and I. Mora Cervantes (eds.), *Memorias de la Segunda Reunión Nacional de la Red de Cultivo de Peces Marinos*. Secretaría

- de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Hermosillo (México), 1 – 3 diciembre 2005, pp. 73-79.
- Bagarinao, T. (1986). Yolk resorption, onset of feeding and survival potential of larvae of three tropical marine fish species reared in the laboratory. *Marine Biology*. 91: 449-459.
- Benítez-Flores, J.C., Fernández-Araiza M. A., y González-Valle M.R. (2002). Desarrollo embrionario de *Ctenopharyngodon idellus* (Carpa Herbívora) CIVA 2002 (<http://www.civa2002.org>), 792-797.
- Blaxter, J.H. (1992). The effect of temperature on larval fishes. *Netherlands Journal of Zoology* 42: 336-357.
- Carrillo, M., Zanuy, S., Oyen, F., Cerda, J., Navas, J.M. y Ramos, J. (1999). Some criteria of the quality of the progeny as indicators of physiological broodstock fitness. In *Recent advances in Mediterranean aquaculture finfish species diversification. Proceedings of the seminar of the CIHEAM Network on Technology of Aquaculture in the Mediterranean (TECAM), jointly organized by CIHEAM and FAO, Zaragoza (Spain), 24-28 May 1999.*
- Davis, D.A., Bootes, K.L., y Arnold, C.R. (2000). Snapper (Family Lutjanidae) culture. In: Stickney, R.R. (Ed.), *Encyclopedia of aquaculture*. John Wiley & Sons, Inc., New York, pp. 884-889.
- Doi, M. y T. Singhagrainan. (1993). Biology and culture of the red snapper, *Lutjanus argentimaculatus*. *Res. Proj. Fish. Res. Dev., Kingdom of Thailand*, 51 p.
- Dumas, S., Rosales-Velásquez, M.O., Contreras-Olguin, M., Hernández-Cevallos D., y Silverberg N. (2004). Gonadal maturation in captivity and hormone-induced spawning of the Pacific red snapper *Lutjanus peru*. *Aquaculture* 234, 615–623.
- Emata, A.C., Eullaran, B., y Bagarinao, T.U. (1994). Induced spawning and early life history description of the mangrove red snapper, *Lutjanus argentimaculatus*. *Aquaculture* 121, 381-387.
- Emata, A. C. y I. G., Borlongan. (2003). A practical broodstock diet for the mangrove red snapper, *Lutjanus argentimaculatus*. *Aquaculture*, 225:83-88.
- Falk-Petersen, I. B. (2005). Comparative organ differentiation during early life stages of marine fish. *Fish Shellf. Immunol.*, 19: 397-412.
- FAO. (2009). *Aquaculture production 1950-2007*. FISHSTAT Plus - Universal software for fishery statistical time series [CD-ROM]. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/fi/statist/FISOFT/FISHPLUS.asp>.
- Fukuhara, O. (1990). Effects of temperature on yolk utilization, initial growth, and behavior of unfed marine fish-larvae. *Marine Biology*. 106: 169-174.
- Gracia-López, V. Kiewek-Martínez, M. y Maldonado-García, M. (2004). Effects of temperature and salinity on artificially reproduced eggs and larvae of the leopard grouper *Mycteroperca rosacea*. *Aquaculture*. 237: 485-498.
- Houde, E. D., S. A. Berkeley, J. J. Klinovsky y R. C., Schekter. (1976). Culture of larvae of the white mullet *Mugil curema Valenciennes*. *Aquaculture*, 8:365-370.
- Izquierdo, M.S., Fernández-Palacios H., y Tacon A.G.J. (2001). Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. *Aquaculture* 197 25–42.

- Kamler, E. (2002). Ontogeny of yolk-feeding fish: an ecological perspective. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. Vol. 12, (1) 79-103.
- Kamler, E. (2005). Parent-egg-progeny Relationships in Teleost Fishes: An Energetics Perspective. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. Vol. 15, (4) 399-421.
- Kamler, E. (2008). Resource allocation in yolk-feeding fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. Vol. 18, (2) 143-200.
- Kuo, C.M., Shehadeh, Z.H. y Nash, C.E. (1973). Induced spawning of captive grey mullet (*Mugil cephalus* L.) females by injection of human chorionic gonadotropin (HCG). *Aquaculture*, 1: 429-432.
- Lim, L.C., L. Cheong, H.B. Lee, y H.H., Heng. (1985). Induced breeding studies of the John's snapper *Lutjanus johni* (Bloch), in Singapore. *Singapore Journal of Primary Industries* 13:70-83.
- Minton, R. V., J. P., Hawke, y W. M., Tatum. (1983). Hormone induced spawning of red snapper, *Lutjanus campechanus*. *Aquaculture* 30,363-368.
- Moteki, M., Yoseda, K., Sahin, T., Ustundag, C. y Kohno, H. (2001). Transition from endogenous to exogenous nutritional sources in larval Black Sea turbot *Psetta maxima*. *Fish Sci* 67:571-578.
- Nakagwa, H. y Y., Tsuchiya. (1974). Studies on rainbow trout egg (*Salmo gairdnerii irideus*). v. further studies on the yolk protein during embryogenesis. *J. Fac. Fish. Anim. Husb., Hiroshima Univ.* 13: 15-27.
- Pittman, K. Skiftesvik, y A. B., Harboe, T. (1989). Effect of temperature on growth rates and organogenesis in the larvae of halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). *Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer*, 191:421-430.
- Planas, M. y Cunha, I. (1999). Larviculture of marine fish: problems and perspectives *Aquaculture*, 177:171-190.
- Polo, A., Yufera, M. y Pascual, E. (1991). Effects of temperature on egg and larval development of *Sparus aurata* L. *Aquaculture* 92. 367-375.
- Rabalais, N. N., S. C., Rabalais, y C. R., Arnold. (1980). Description of eggs and larvae of laboratory reared red snapper (*Lutjanus campechanus*). *Copeia* 1980:704-708.
- Ronnestad, I., T., Anders y Roderick, N. F. (1999). Fish larval nutrition: a review of recent advances in the roles of amino acids. *Aquaculture*, 177:201-216.
- Santerre, M. T. y May, R. C. (1977). Some effects of temperature and salinity on laboratory reared eggs and larvae of *Polydactylus sexfilis* (Pisces: Polynemidae). *Aquaculture*. 10: 341-351.
- Susuki, Katsumi y Hioki, Syoso. (1979). Spawning Behaviour, Eggs, and Larvae of the Lutjanid Fish, *Lutjanus kasmira*, in Aquarium. *Japanese journal of Ichthyology* Vol. 26, No.2, 161-166.
- Tucker, J.W., Jr. (1998). *Marine fish culture*. Boston, Kluwer Academic Publishers, 750 pp.
- Watanabe, O. W., Ellis, P.E., Ellis, C.S., Chavez, J. y Manfred, C. (1998). Artificial Propagation of Snapper *Lutjanus analis* A New Candidate Marine Fish Species for Aquaculture. *Journal of the World Aquaculture Society*. Vol. 29, No.2, Jun 1998.
- Watanabe, W. O., D. D., Benetti, M. W., Feeley, A., Davis y R. P., Phelps. (2005). Status of artificial propagation of mutton, yellowtail, and red snapper (family Lutjanidae)

- in the Southeastern United States. American Fisheries Society Symposium 46: 517-540.
- Watanabe, T., y Vassallo-Agius, R. (2003). Broodstock nutrition research on marine finfish in Japan. *Aquaculture* 227, 35-61.
- Williams, K. Papanikos, N. Ronald, P. Phelps, y J. D., Shardo. (2004). Development, growth, and yolk utilization of hatchery-reared red snapper *Lutjanus campechanus* larvae. *Mar Ecol Prog Ser.* 275: 231-239.
- Yeh, S.-P., T., Yang y T.-W., Chu. (1998). Marine fish seed industry in Taiwan. En: Proceedings of the Workshop on Offshore Technologies for aquaculture, 13-16 octubre, 1998, Technion, Faculty of Mechanical Engineering, Haifa, Israel: 154-167.
- Zavala, I. (2007). Efecto de la temperatura, intensidad de luz, tipo y densidad de presa en la eficiencia alimenticia durante la ontogenia inicial del huachinango del pacífico (*Lutjanus peru*). Tesis de maestría. CICIMAR-IPN; 52p.

20. Nutrición y alimentación de pargo en cultivo

CRISANTEMA HERNÁNDEZ GONZÁLEZ¹

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.151.20>

Introducción

Los peces son organismos heterótrofos, lo que significa que dependen de fuentes exógenas de materiales orgánicos para su nutrición. Su incapacidad de sintetizar compuestos orgánicos a partir de sustratos inorgánicos le requiere de fuentes orgánicas de carbono y nitrógeno como materiales de partida para la biosíntesis de moléculas que componen los tejidos de su cuerpo (Jobling, 2010). Las proteínas, lípidos y carbohidratos son los nutrientes que en mayor proporción presentan los alimentos naturales y artificiales que consumen los peces, se les denomina macronutrientes; mientras que las vitaminas y minerales se encuentran y requieren en menos cantidades y se les denomina micronutrientes.

Los nutrientes tienen un impacto sobre todas las funciones corporales, los procesos metabólicos y el crecimiento son dependientes del adecuado suministro de ciertos nutrientes indispensables (o esenciales). Un nutriente esencial es el que no puede ser sintetizado por los peces de novo y debe estar presente en la dieta. Si la dieta no presenta los nutrientes esenciales o se incluyen en cantidades insuficientes, los peces mostrarán síntomas de deficiencia, tales como: consumo de alimento y crecimientos reducidos, disturbios metabólicos, desarrollo, color y comportamiento anormal.

Para el diseño de un alimento específico y un régimen de alimentación efectivo para un pez de cría es fundamental el conocimiento de su dieta en

¹ Doctora en Ciencias Marinas. Investigadora, CIAD Unidad Mazatlán, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8912-3354>

el medio natural, así como sus hábitos de alimentación. En varios estudios sobre la biología trófica de Lutjánidos se muestra que estos peces son depredadores con hábitos carnívoros; alimentándose principalmente de peces y crustáceos bentónicos (Allen, 1987). En la etapa juvenil muestran un espectro alimenticio más amplio, a diferencia de los peces adultos. Sin embargo, persiste el consumo de peces, siendo significativo el de crustáceos; además, ocasionalmente consumen moluscos, anélidos y vegetación (i.e. *Rhizophora mangle*) (Rojas, 1997; Santamaría-Miranda *et al.*, 2005), lo que permite identificarlos como una especie con plasticidad digestiva.

Este capítulo presenta aspectos de nutrición y alimentación de pargos criados en cautividad. El alimento constituye uno de los elementos más importantes en el desarrollo de cultivos intensivos en la maricultura; además, la rentabilidad de una operación acuícola depende parcialmente del precio del alimento que se les suministra a los peces. La dependencia que exhibe el rendimiento final (expresado en kg de biomasa/kg de alimento), respecto a la cantidad y calidad del alimento suministrado al cultivo, así como también la influencia que las condiciones de producción empleadas ejercen sobre la fisiología y nutrición de los animales en desarrollo (Lasker, 1972; Price *et al.*, 1976; Coll-Morales, 1991).

Los peces en cultivo usualmente son provistos de alimentos que contienen un amplio rango de ingredientes. Los alimentos formulados para el pargo *Lutjanus guttatus* contienen suficientes nutrientes indispensables para cumplir con todos los requerimientos de la especie, además de incluir otros materiales que provean o mejoren la palatabilidad, las propiedades de frescura del alimento, estimulantes, atrayentes o bien probióticos o prebióticos que son incluidos para mejorar la salud de los peces cultivados de manera intensiva; a diferencia de los peces cultivados de forma extensiva, los cuales son alimentados con un alimento incompleto bajo la condición de que estas deficiencias las pueden subsanar vía el consumo de presas del medio natural.

La adecuada nutrición de los pargos en cultivo juega un papel muy importante en su crecimiento, en la función del sistema inmune y en su resistencia a enfermedades. Por lo cual, los alimentos artificiales que se han desarrollado hasta ahora en CIAD, A.C, son altamente digeribles. Además de cubrir los requerimientos nutricionales de la especie, son de bajo costo

con el fin de obtener el óptimo crecimiento, mejores tasas de conversión alimenticia, minimizar el estrés, mantener la salud de los peces y evitar el desperdicio del alimento, que, de no lograrse lo anterior, aumentaría la contaminación del medio de cultivo y se traduciría en enormes pérdidas económicas. Por lo que la calidad de los alimentos y las prácticas de alimentación son elementos cruciales para lograr la sustentabilidad y el beneficio económico de la industria de la maricultura, ya que los costos de alimentación representan entre 30 a 60 % de los costos totales de operación (Webster y Lim, 2002).

Primeramente, las proteínas están consideradas como el constituyente más importante de cualquier célula viviente y representan el grupo químico más abundante en el cuerpo de los peces, con excepción del agua. En promedio, el cuerpo del pez contiene aproximadamente 75 % de agua, 16 % de proteína, 6 % de lípidos y 3 % de cenizas. Las proteínas son componentes esenciales tanto del núcleo celular como del protoplasma celular y por lo tanto constituyen el tejido muscular, órganos internos, nervios y piel (Tacon, 1989). No obstante, la función de las proteínas es la reparación del tejido dañado y desgastado (mantenimiento de tejido) y formación de tejido nuevo (síntesis de nuevas proteínas durante el crecimiento). La proteína del alimento que consumen los peces a través del alimento actúa como fuente de energía o puede servir como sustrato para la formación de lípidos y carbohidratos en el tejido.

El requerimiento proteico se define como la cantidad mínima necesaria para alcanzar los requerimientos de aminoácidos y alcanzar el máximo crecimiento (Tacon, 1989). Los elevados requerimientos proteínicos en las dietas de los peces marinos se atribuyen a sus hábitos alimenticios carnívoros y al uso preferencial de la proteína dietética sobre los carbohidratos como fuente energética (Cowey, 1975).

En la mayoría de las especies de pargos, se ha determinado un nivel de proteína y lípidos en la dieta, identificando como nivel óptimo, el que produzca la mejor respuesta de crecimiento. Se ha reportado que el pargo rojo (*Lutjanus argentimaculatus*) mostró la mejor respuesta de crecimiento con un alimento compuesto por 50 % de proteína y de 6 % a 12 % de lípidos (Catacutan *et al.*, 2001); para el pargo amarillo (*Lutjanus analis*) cuando se alimentó con un alimento con 45 % de proteína, 6 % y 9 % de lípidos

(Watanabe *et al.*, 2001); en el huachinango del golfo (*Lutjanus campechanus*) se logró con un nivel proteico entre 32 y 36 % y 10 % de lípidos (Miller *et al.*, 2005); para juveniles de pargo *Lutjanus guttatus* la mejor respuesta de crecimiento se obtuvo con una dieta contenida de 45 % y 9 % de proteína y lípidos respectivamente (Abdo-De la Parra *et al.*, 2010).

Alimentos para pargos cultivados con diferentes estados de vida

Los alimentos para los pargos con diferentes estadios de vida difieren en su composición nutricional y características físicas. Para organismos en etapa reproductiva, los alimentos deben ser diseñados para asegurar una producción de huevos de alta calidad, fecundidad, calidad de los gametos y viabilidad larvaria, no se busca favorecer el crecimiento de los reproductores. Los alimentos para reproductores deberán ser especialmente fortificados con vitaminas y minerales o podrían contener aceites que provean al reproductor de ciertos ácidos grasos en proporciones específicas.

Por otro lado, debido al tamaño pequeño de los pargos en la etapa de larvas, los alimentos son más difíciles de preparar. Los métodos de producción de estos alimentos microparticulados o microencapsulados son de alta tecnología debido a que los tamaños de partículas son extremadamente pequeñas (menor de 400 μm). Es un reto, cuando se busca un alimento estable, evitar que se pierda en el agua o bien que se lixivie. La estabilidad de estos alimentos se logra con el uso de un ligante (alginatos), carbohidratos complejos o proteínas con propiedades adhesivas (Stickney, 2000; Langdon, 2003). Los alimentos para esta etapa deben ser altamente palatables y los ingredientes proteicos que se usan para su formulación deberán ser digestibles por las larvas, porque aún no tienen un sistema digestivo completamente funcional. Debido a esto, es común que las larvas de pargo se alimenten con alimento vivo (Olsen *et al.*, 2004), para enseguida ser destetados con alimentos formulados secos y hasta alcanzar la talla de cosecha.

Cuando el pargo se encuentra en la etapa denominada *destete*, término que significa cambio del alimento vivo a un alimento seco formulado, se usan los alimentos iniciadores (u hojuela) con 55 % proteína y 15 % lípidos. Para el pargo, estos alimentos se produjeron a partir de alimentos produci-

dos con tamaño de partícula mayor (15-25 mm de longitud), el volumen de consumo en esta etapa es mínimo, aun cuando son alimentados hasta en 10 % de la biomasa. Para las etapas de preengorda y engorda de juveniles, es cuando se presenta el mayor consumo de alimento de todo el ciclo de producción. Los alimentos son comprimidos o *pellets* manufacturados mediante el proceso de extrusión que le dan características especiales de hundimiento lento. El pargo en esta etapa se mantiene a media profundidad y espera la caída lenta de partículas de alimento.

En un ensayo realizado en las instalaciones de CIAD, se llevó a cabo la preengorda de organismos de 5 a 40 g aproximadamente. Se realizó en tanques de fibra de vidrio de 3000-8000 L de capacidad, se manejó una densidad de 30 a 50 peces por m³, un recambio de agua continuo de 5 a 10 L min⁻¹ diario. Se usó un alimento balanceado de hundimiento lento, con 45-50 % de proteína y 12-15 % de lípidos crudos. Se recomienda en esta etapa, que la alimentación se divida entre 3 y 6 raciones al día, suministrando una ración equivalente de 3 % a 6 % de la biomasa del tanque. Después de alcanzar los 40 g se inició la etapa de engorda, se utiliza alimento extruido con las mismas características físicas con un contenido de proteína de 43 % y 8-10 % de lípidos.

Fuentes de proteína alternativas usadas en la alimentación del pargo

En el Laboratorio de Nutrición de CIAD, A.C., se han llevado a cabo varios estudios enfocados principalmente en el desarrollo de alimentos eficientes y rentables para la nutrición y alimentación del pargo en cultivo. Se ha determinado el potencial nutricional que presentan algunos ingredientes alternativos a la harina de pescado con disponibilidad comercial. Es conocido que la harina de pescado presenta las características idóneas para la nutrición de la mayoría de las especies acuícolas, dado su alto valor nutricional se considera un ingrediente clave que demandan especies carnívoras como el pargo.

Primeramente, deberán ser ingredientes de bajo costo y con nutrientes digestibles para el pargo; conocimiento básico e importante para la formu-

lación y manufactura de nuevas fórmulas. El nivel de inclusión que fue obtenido por estudios diseñados en experimentos de dosis: respuesta, se pueden identificar subproductos de aves y de la industria procesadora de carnes, además de la proteína marina proveniente del procesamiento de mariscos y pescados, incluidos los concentrados de proteínas a partir de granos, oleaginosas y leguminosas.

El resultado estuvo basado en la mejor respuesta de crecimiento y eficiencia proteica obtenida con juveniles de pargo.

Tabla 2. Fuentes proteicas alternativas utilizadas para la formulación de alimentos eficientes y digeribles para el pargo flamenco *L. guttatus*.

Fuente	Ingrediente	Nivel de inclusión
García-Ortega, 2010	Concentrado de soya	50 % material
Silva-Carrillo <i>et al.</i> , 2012	Pasta de soya	20 % material
Sánchez-Rodríguez, 2013	Mezcla de pasta de soya- krill	40 % proteína
Sánchez-Gutiérrez, 2013	Pasta de soya + taurina	40 % proteína
Contreras-Rojas, 2014	Gluten maíz	40 % proteína
Olmeda- Guerrero, 2014	Pasta de canola	30 % proteína
Hernández <i>et al.</i> , 2014a	Subproductos harina de ave- grado pet grade	90 % material
Hernández <i>et al.</i> , 2014b	Subproductos harina de ave- grado feed grade	50 % material
Hernández <i>et al.</i> , 2014c	Subproductos de atún	25 %-30 % material
Osuna-Salazar, 2015	Subproductos de camarón	30 % material

Alimentación

El uso rentable de los alimentos para la maricultura del pargo en un sistema de cultivo intensivo se ha definido y establecido mediante el entendimiento de los requerimientos nutricionales de la especie en conjunto con la optimización de la tecnología de manufactura de los alimentos y las técnicas de alimentación utilizada. Lo anterior expuesto han sido los principales factores que han permitido los avances hasta ahora logrados en el cultivo del pargo *L. guttatus*.

Para el pargo se han logrado avances importantes en la determinación de los requerimientos nutricionales para proteína y lípidos (Abdo-De la Parra *et al.*, 2010), aspectos de digestibilidad de ingredientes y alimentos experimentales formulados sobre base digerible, que registraron alta eficiencia y bajos costos (Hernández *et al.*, 2015). La información generada ha

sido la base para el desarrollo de un alimento específico para la especie *Lutjanus guttatus*, que actualmente se encuentra patentado por CIAD, A.C.

Manejo del alimento

El suministro del alimento con características de hundimiento lento (característica física indispensable en el alimento para pargo), fue ofrecido en las jaulas flotantes por el método *al voleo*. Cuando se utilizó un alimento con alta flotabilidad para alimentar juveniles cultivados en jaula, no fue completamente consumido debido a que el oleaje presente en los sitios de cultivo afecta el consumo del alimento, lo que representa pérdidas económicas para el acuicultor.

Uso de la cabeza de camarón en la alimentación del pargo

La cabeza de camarón fresca es un ingrediente que presenta un contenido de nutrientes bastante aceptable para la alimentación del pargo, este subproducto se ha utilizado en varias experiencias de cultivo de pargo, como parte de la alimentación en la etapa final del cultivo, con el fin de incrementar la pigmentación de los organismos hasta alcanzar una coloración rojiza, en producto fresco ha sido ofrecido en un 1.5 % de la biomasa del cultivo. Sin embargo, el uso de este subproducto pesquero presenta una serie de ventajas y desventajas descritas a continuación:

Ventajas

- Aceleran el proceso de coloración en los organismos.
- Fuente proteica palatable para la alimentación de los pargos.
- Baja el factor de conversión alimenticia.
- Su precio es bajo.

Desventajas

- Su almacenamiento es costoso ya que necesita refrigeración.
- Presenta escasez dependiendo de los tiempos de comercialización del camarón.

Su uso constante durante el cultivo puede causar rechazo en los organismos al alimento balanceado.

El uso de la harina de cabeza de camarón como ingrediente sustituto de la harina de pescado en la formulación del pargo (Osuna-Salazar, 2015), los resultados obtenidos para peces alimentados con la dieta con el 30% de inclusión mostro las mejores tasas de crecimiento y en consecuencia la coloración fue notablemente favorecida.

Conclusiones

Los estudios hasta ahora llevados a cabo en aspectos de nutrición y alimentación del pargo *L. guttatus* han generado conocimiento base que ha contribuido al soporte científico a la biotecnología de la especie. Se ha logrado la formulación específica que ofrece los mejores rendimientos de la especie; sin embargo, aún falta trabajo por realizar para mejorar la coloración de los organismos. Así mismo, se busca disminuir el costo del alimento con la búsqueda de ingredientes económicos.

Referencias

- Abdo-De la Parra, M.I., Rodríguez-Ibarra, L.E., Hernández, C., Hernández, K., González-Rodríguez, B., Martínez-Rodríguez, I., y García-Ortega, A. (2010). Efecto de diferentes niveles de proteína y lípidos totales en la dieta sobre el crecimiento y supervivencia de juveniles de pargo lunarejo *Lutjanus guttatus*. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 45(3): 433-439.
- Allen, G.R. (1987). Synopsis of the circumtropical fish genus *Lutjanus* (Lutjanidae). In: Polovina, J.J., y Ralston, S. (eds). *Tropical snappers and groupers: Biology and fisheries management*. Westview Press, Boulder, Colorado. pp. 33-87.
- Catacutan, M.R., Pagador, G.E., y Teshima, S. (2001). Effect of dietary protein and lipid levels and protein to energy ratios on growth, survival, and body composition of the mangrove red snapper, *Lutjanus argentimaculatus* (Forsskal 1775). *Aquaculture Research* 32(10): 811-818.
- Coll-Morales, J. (1991). *Acuicultura marina animal*. 3ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España, pp. 522-567.
- Cowey, C.B. (1975). Aspects of protein utilization by fish. *Proceedings of the Nutrition Society* 34: 57-63.

- Contreras-Rojas, D.I. (2014). Evaluación del valor nutricional de gluten de maíz como sustituto de la harina de pescado en dietas para pargo flamenco (*Lutjanus guttatus*). Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. Mazatlán, Sinaloa, México. 55 pp.
- García-Ortega, A., Muy-Rangel, D., Puello-Cruz, A., Villa-López, Y., Escalante-Rojas, M., y Preciado-Iñiguez, K. (2010). Uso de ingredientes de origen vegetal como fuentes de proteína y lípidos en alimentos balanceados para peces marinos carnívoros. En: Cruz-Suarez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Nieto-López, M.G., Villareal-Cavazos, D.A., y Gamboa-Delgado, J. (eds), Avances en Nutrición Acuícola X - Memorias del Décimo Simposio Internacional de Nutrición Acuícola, 8-10 de Noviembre, San Nicolás de los Garza, N. L., México.
- Hernández, C., Olvera-Novoa, M.A., Hardy, R.W., Hermosillo, A., Reyes, C., y Gonzalez, B. (2010). Complete replacement of fish meal by porcine and poultry by-product meals in practical diets for fingerling Nile tilapia *Oreochromis niloticus*: digestibility and growth performance. *Aquaculture Nutrition* 16: 44-53.
- Hernández, C., Sánchez-Gutiérrez, Y., Hardy, R.W., Benítez-Hernández, A., Domínguez-Jiménez P., González-Rodríguez, B., Osuna-Osuna, L., y Tortoledo, O. (2014a). The potential of pet-grade poultry by-product meal to replace fish meal in the diet of the juvenile spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869). *Aquaculture Nutrition* 20: 623-631.
- Hernández, C., Osuna-Osuna, L., Benítez-Hernández, A., Sánchez-Gutiérrez, Y., González-Rodríguez B., y Domínguez-Jiménez, P. (2014b). Replacement of fish meal by poultry by-product meal, food grade, in diets for juvenile spotted rose snapper (*Lutjanus guttatus*). *Latin American Journal of Aquatic Research* 42(1): 111-120.
- Hernández, C., Hardy, R.W., Contreras-Rojas, D., López-Molina, B., González-Rodríguez, B., y Domínguez-Jiménez, P. (2014c). Evaluation of tuna by-product meal as a protein source in feeds for juvenile spotted rose snapper *Lutjanus guttatus*. *Aquaculture Nutrition* 20: 574-582.
- Hernández, C., R.W. Hardy, D.G., Márquez-Martínez, P.V. Domínguez-Jiménez, B. y González-Rodríguez. (2015). Evaluation of apparent digestibility coefficients of individual feed ingredients in spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869). *Aquaculture nutrition*, 21: 835-842.
- Jobling, M. (2010). Fish culture: feeds and feeding. In: Le François, N., Joblin, M., Carter, C., y Blier, P. (eds) *Finfish aquaculture diversification*. CAB International, Oxford, UK, pp. 61-87.
- Langdon, C. (2003). Microparticle types for delivering nutrients to marine fish larvae. *Aquaculture* 227: 259-275.
- Miller, R.R., Minckley W.L., y Norris, S.M. (2005). *Freshwater fishes of Mexico*. University of Chicago press, Chicago, and London. pp. 490.
- Olmeda-Guerrero, L. (2014). Diseño y evaluación de dietas a base de pasta de canola para la alimentación del pargo flamenco *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869): efecto en crecimiento, digestibilidad y estado de salud. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de México. Mazatlán, Sinaloa, México. 80 pp.

- Olsen, Y., Meeren, T., van der y Reitan, K.I. (2004). First feeding technology. In: Moksness, E., Kjørsvik, E., y Olsen, Y. (eds) Culture of cold-water marine fish. Blackwell Science, Oxford, UK, pp. 279-336.
- Osuna Salazar, A. (2015). Evaluación del crecimiento, actividad quitinolítica y coloración del pargo (*Lutjanus guttatus*) alimentado con harina de cabezas de camarón. Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. Mazatlán, Sinaloa, México. 70 pp.
- Price, K.S., Shaw, W.N., y Danberg, K.S. (1976). Proceedings of the first international conference of aquaculture nutrition. Octubre 14-15. Lewes Rehoboth, Delaware.
- Rojas, J.R. (1997). Hábitos alimentarios del pargo mancha *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. Revista de Biología Tropical 44 (3)/45 (1): 471-476.
- Sánchez-Gutiérrez, E.Y. (2013). Evaluación de la suplementación de taurine en dietas a base de soya y su efecto en el metabolismo del pargo colorado *Lutjanus colorado* (Jordan y Gilbert, 1882). Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. Mazatlán, Sinaloa, México. 82 pp.
- Sánchez-Rodríguez, J.E. (2013). Efecto de la sustitución parcial de harina de pescado por la mezcla de krill-soya en la dieta de juveniles de pargo *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869). Tesis de Maestría. Centro de investigación en alimentación y desarrollo. Mazatlán, Sinaloa, México. 54 pp.
- Santamaría-Miranda, A., Saucedo-Lozano, M., Herrera-Moreno, M.N, y Apún-Molina, J.P. (2005). Hábitos alimenticios del pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* y del pargo rojo *Lutjanus colorado* (Pises: Lutjanidae) en el norte de Sinaloa, México. Revista de Biología Marina y Oceanografía 40: 33-44.
- Silva-Carrillo, Y., Hernández, C., Hardy, R.W., González-Rodríguez, B., y Castillo-Vargas-Machuca, S. (2012). The effect of substituting fish meal with soybean meal on growth, feed efficiency, body composition and blood chemistry in juvenile spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869). Aquaculture 364-365: 180-185.
- Stickney, R.R. (2000). Principles of warm water aquaculture. In: Survival and growth of fish in water reclaimed from cattle feedlots. Cox, T. J. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias. Texas Tech University. Texas. E.U.A. 96 pp.
- Tacon, A. (1989). Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. Manual de capacitación. Tomo I. FAO-ITALIA. Proyecto Aquila II. Documento de campo No. 4. Brasil. 176 pp.
- Watanabe, W.O., Ellis, S.C., y Chaves, J. (2001). Effects of dietary lipid and energy to protein ratio on growth and feed utilization of juvenile mutton snapper *Lutjanus analis* fed isonitrogenous diets at two temperatures. Journal of the World Aquaculture Society 32(1): 30-40.
- Webster, C.D. y Lim, C.E. (2002). Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. CABI Publication, New York, ISBN: 0851995195, pp: 81-98

21. Obtención de carotenoides extraídos del subproducto de cabeza de camarón con potencial uso para la pigmentación de pargos rojos en cautiverio

MARÍA LAURA TEJEDA MIRAMONTES¹

APOLINAR SANTAMARÍA MIRANDA²

JUAN PABLO APÚN MOLINA³

LEONARDO IBARRA CASTRO⁴

MARIBEL VALDEZ MORALES⁵

SERGIO MEDINA GODOY⁶

MIGUEL ÁNGEL HURTADO OLIVA⁷

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.151.21>

Introducción

En México, la familia *Lutjanidae* comprende especies de peces mayoritariamente de color rojo que desempeña un papel fundamental en la industria pesquera, debido a su alta demanda en el mercado. En la costa del Pacífico mexicano se han identificado diez especies de Lutjánidos, de las cuales nueve poseen un valor importante en la economía (Espino-Barr y Cruz-Romero, 2006). Entre estas especies está el *Lutjanus guttatus*, que muestra un alto potencial para la acuicultura comercial debido a sus características biológi-

¹ Maestra en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0009-0008-7549-5454>

² Doctora en Ciencias Marinas y Costeras. Profesora Investigadora, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8335-1460>

³ Doctor en Ciencias en Biotecnología. Profesor investigador, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9006-8882>

⁴ Doctor en Ciencias en Acuicultura. Profesor Asistente en Whitney Laboratorio, Universidad de Florida EUA, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2159-9038>

⁵ Doctora en Ciencias de los Alimentos. Profesora de asignatura, Programa de Posgrado en Alimentos del Centro de la República (PROPAC). Facultad de Química. Universidad Autónoma de Querétaro, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6812-5905>

⁶ Doctor en Ciencias con Especialidad en Biotecnología de Plantas, Profesor Investigador CINESTAV-IPN, Unidad Irapuato, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4718-2169>

⁷ Doctor en Uso, Preservación y Manejo de Los Recursos Naturales. Profesor investigador en la Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8994-622X>

cas y su alto valor. No obstante, las poblaciones silvestres de esta especie han experimentado una disminución constante año tras año (Abdo de la Parra et al., 2010). Uno de los principales desafíos en la acuicultura de *L. guttatus* es la pérdida de coloración que ocurre cuando estos peces son mantenidos en cautiverio. Para abordar este problema, se ha sugerido que la incorporación de carotenoides en su alimentación podría favorecer la recuperación de la pigmentación (Mabee, 1995).

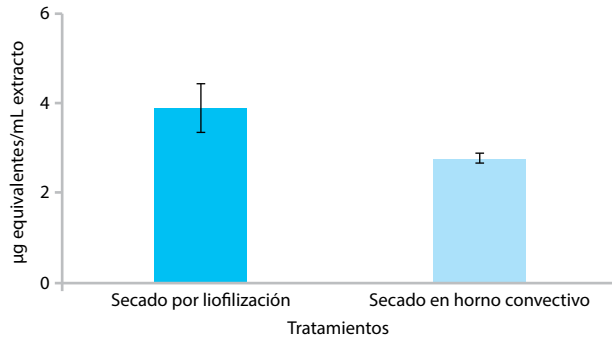
El cultivo de camarón, por su parte, ha generado serios impactos ecológicos debido a la considerable cantidad de subproductos que se generan durante el procesamiento. Estos subproductos incluyen la cabeza (cefalotórax) y el exoesqueleto, que representan 50 %-60 % de la biomasa total cultivada (Senphan y Benjakul, 2012). Además, constituye alrededor de 45 % a 50 % de la captura procedente del medio silvestre, generando problemas de contaminación ambiental por su eliminación debido a descargas no reguladas (Sila et al., 2015). No obstante, estos subproductos no solo poseen un gran valor nutricional, sino que contienen una alta concentración de carotenoides que han sido utilizados para la formulación de alimentos destinados a peces marinos (Pattanaik et al., 2020). En este contexto, el objetivo del presente estudio fue evaluar la posibilidad de utilizar carotenoides extraídos de los subproductos del camarón para favorecer la recuperación de la pigmentación en *L. guttatus*, cuando se encuentra en cultivo, para aumentar su valor nutricional y comercial.

Resultados y discusión

Se realizaron dos ensayos para la obtención de pigmentos, empleando distintos métodos de secado: liofilización y secado en horno convectivo. Entre los pigmentos evaluados se presenta el β -caroteno y la astaxantina. Los resultados revelan que al utilizar el secado en horno convectivo, con la harina de cabeza de camarón, se logra preservar los pigmentos carotenoides. No obstante, se observa que en el secado por liofilización se obtiene la mayor concentración de pigmentos ($3.86 \pm 0.59 \mu\text{g}$ equivalentes/mL extracto) (Figura 1). Es relevante mencionar que Radzali et al. (2014) también llevaron a cabo la extrac-

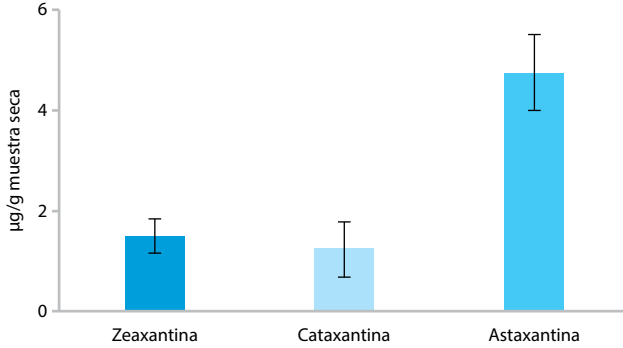
ción de carotenoides mediante el uso de fluidos supercríticos obteniendo resultados dentro del mismo rango que los reportados por este grupo.

FIGURA 1. Obtención de pigmentos mediante dos diferentes secados.



Asimismo, se procedió a la evaluación del perfil de carotenoides más representativos presentes en el tejido dérmico de los pargos silvestres como es la especie *L. guttatus*, los cuales poseían un peso promedio de 1.00 gramos. Entre los carotenoides identificados en el tejido dérmico de estos pargos silvestres se encontraron la zeaxantina, cataxantina y astaxantina, siendo esta última la que presentó una mejor concentración alcanzando los 4.76 µg/g de los ejemplares muestreados. En contraste, los otros pigmentos como la zeaxantina (1.53 µg/g) y cataxantina (1.24 µg/g) exhibieron concentraciones inferiores, tal y como se aprecia en la figura 2. Los estudios realizados hasta la fecha pueden ser útiles en futuras investigaciones, dado que se pueden usar como control para aquellos peces que han sido cultivados en cautiverio y que han sido alimentados con dietas comerciales bajas en concentraciones de estos pigmentos.

FIGURA 2. Concentración de carotenoides en la piel de los peces.



Se realizó un análisis bromatológico (tabla 1), donde se presentan algunos de los principales componentes contenidos en el alimento comercial y la harina de cabeza de camarón. Se observa una diferencia en el contenido calórico, con 342.61 en la harina de cabeza de camarón, frente a 404.89 kcal en alimento peletizado. Además, se aprecia que el porcentaje de cenizas y fibra es mayor en la harina de cabeza de camarón en comparación con el alimento comercial; con relación al contenido de proteína existe diferencia, el valor en el alimento comercial fue de 53.75 % y en la harina de cabeza de camarón de 52.70 %.

TABLA 1. Análisis bromatológico

Componentes	Alimento comercial	Subproducto cabeza de camarón
Humedad	7.98 ± 2.98	7.70 ± 0.03
Cenizas (%)	9.06 ± 0.03	16.83 ± 0.29*
Proteína (%)	53.75 ± 1.38	52.70 ± 2.05
Lípidos (%)	11.00 ± 0.08	11.88 ± 0.53
FDT (%)	2.83 ± 0.13	10.97 ± 0.07*
ELN (%)	7.61 ± 0.03	7.61 ± 0.05
Energía (kcal/g)	404.89 ± 0.09	342.61 ± 0.06

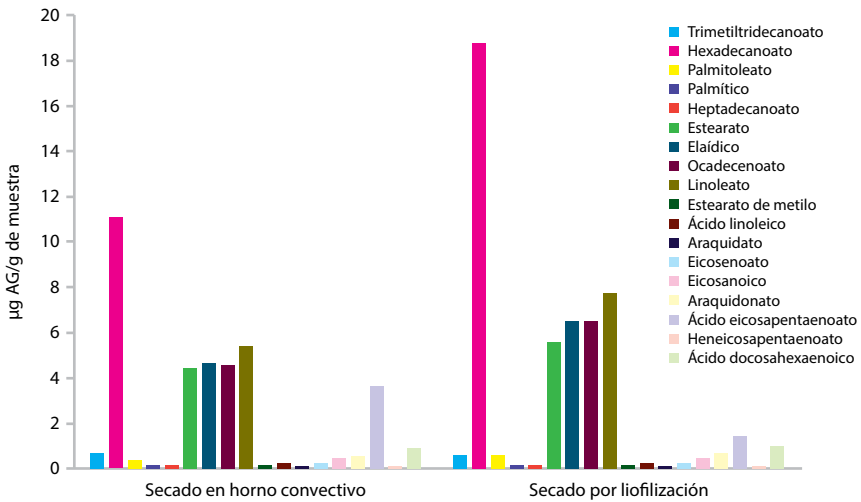
FDT: Fibra Dietética Total; **ELN:** Extracto Libre de Nitrógeno. Valores son el promedio de tres determinaciones ± desviación estándar.

Abdo de la parra *et al.* (2010) informaron que el pargo flamenco *L. guttatus*, muestra un mayor incremento en peso corporal cuando es alimentado con dietas que contienen 45 % y 50 % de proteína. En un estudio de Osuna-Salazar *et al.* (2023), reportaron que al sustituir hasta 30 % de la proteína de harina de pescado, por proteína de harina de cabeza de camarón

en una dieta para juveniles de pargo manchado, se logra un mejor crecimiento, eficiencia alimenticia y coloración de la piel. En consecuencia, se considera que la harina de cabeza de camarón, debido a su alto contenido proteico y otros nutrientes como lípidos, beneficia la pigmentación y crecimiento del pargo rojo.

Los ácidos grasos, poliinsaturados (AGPI) como, los ácidos eicosapentaenoicos (EPA) y docosahexaenoico (DHA) representan una valiosa fuente energética en los alimentos acuáticos, que tienen un impacto significativo en la promoción de su condición de salud (Navaneethan *et al.*, 2014). En este estudio se evaluó el perfil de ácidos grasos en la harina de cabeza de camarón utilizando dos métodos de secado: horno convectivo y liofilizado. Los resultados mostraron que en el secado por liofilización se conservaron en mayor concentración los ácidos grasos esenciales, aunque se presentó una disminución en el contenido del ácido graso eicosapentaenoico en comparación con el secado en horno convectivo (Figura 3). En investigaciones anteriores realizadas por Sriket *et al.* (2007) y Gulzar y Benjakul (2018), reportaron mayor contenido de ácidos grasos poliinsaturados seguido por el contenido de ácidos grasos saturados (AGS) y ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) en el aceite de camarón. Además, el perfil de ácidos grasos totales varió según su tamaño, la temporada de colecta, la ubicación de la pesca de arrastre y el género. Los perfiles de ácidos grasos del camarón son fluidos, pero los más predominantes son ácidos grasos presentes son ácido palmítico, ácido oleico, EPA y DHA. Se ha encontrado que el contenido de ácidos grasos se puede alterar según la condición de supervivencia de los camarones (Miniadis-Meimaroglou y Sinanoglou, 2012).

FIGURA 3. Contenido de ácidos grasos en la harina de cabeza de camarón mediante dos tipos de secado.



En particular, Gulzar y Benjakul (2018) informaron que el cefalotórax de *L. vannamei* contenía aproximadamente 37.5 % de ácidos grasos poliinsaturados, seguido de 30.4 % de ácidos grasos saturados y 22.2 % de ácidos grasos monoinsaturados, respectivamente. También se han reportado mayores contenidos de AGPI (44.3 y 43.57 %) para la carne de *P. monodon* y los desechos de *L. vannamei* (Sriket et al., 2007; Gómez-Estaca et al., 2015). Sin embargo, el músculo de camarón en *X. Kroyeri*, contenía 55 % de ácidos grasos saturados (Lira et al., 2014). Es importante mencionar que la composición de ácidos grasos de los camarones puede variar dependiendo de la especie, el tamaño, la edad, la dieta, el género, la estación y la ubicación geográfica (Miniadis-Meimaroglou y Sinanoglou, 2012).

Conclusión

La harina de cabeza de camarón ha demostrado ser un buen ingrediente en los requerimientos nutricionales para apoyar la alimentación de los pargos rojos, lo que sugiere su efectividad para mejorar su pigmentación. Cabe destacar que esta opción económica y natural ofrece una alternativa sosten-

table en la economía circular para la elaboración de dietas para peces marinos. Aunque aún quedan estudios por realizar, se espera que la información obtenida contribuya significativamente a mejorar la pigmentación de los pargos rojos y apoyar su biotecnología y comercialización.

Referencias

- Abdo de la Parra, M. I., L. E. Rodríguez-Ibarra, F. Campillo-Martínez, G. Velasco-Blanco, N. García-Águilar, L. Álvarez-Lajonchere y D. Voltolina (2010). Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento y supervivencia larval del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus*. *Revista Biología Marina y Oceanografía* 45 (1): 141-146.
- Abdo de la Parra, M. I., L. E. Rodríguez-Ibarra, F. Campillo-Martínez, G. Velasco-Blanco, N. García-Águilar, L. Álvarez-Lajonchere & D. Voltolina. 2010. Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento y supervivencia larval del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus*. *Revista Biología Marina y Oceanografía* 45 (1): 141-146.
- Espino-Barr, E., y Cruz-Romero, M. (2006). Aspectos generales de la pesca ribereña en el Pacífico mexicano. *EN MÉXICO*, 37.
- Gulzar, S., y Benjakul, S. (2018). Ultrasound waves increase the yield and carotenoid content of lipid extracted from cephalothorax of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *European Journal of Lipid Science and Technology*, 0, 1700495.
- Mabee, P. M. (1995). Evolution of pigment pattern development in centrarchid fishes. *Copeia*, 586-586.
- Osuna Salazar, A. (2015). Evaluación del crecimiento, actividad quitinolítica y coloración del pargo (*Lutjanus guttatus*) alimentado con harina de cabezas de camarón. Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. Mazatlán, Sinaloa, México. 70 pp.
- Pattanaik, S. S., Sawant, P. B., Xavier, K. A. M., Dube, K., Srivastava, P. P., Dhanabalan, V., & Chadha, N. K. (2020). Characterization of carotenoprotein from different shrimp shell waste for possible use as supplementary nutritive feed ingredient in animal diets. *Aquaculture*, 515, 734594. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734594>
- Radzali, S. A., Baharin, B. S., Othman, R., Markom, M., y Rahman, R. A. (2014). Co-solvent selection for supercritical fluid extraction of astaxanthin and other carotenoids from *Penaeus monodon* waste. *Journal of oleo science*, 63(8), 769-777.
- Sephan, T., y Benjakul, S. (2012). Compositions and yield of lipids extracted from hepatopancreas of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) as affected by prior autolysis. *Food Chemistry*, 134(2), 829-835. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.188>.
- Sila, A., Kamoun, Z., Ghilissi, Z., Makni, M., Nasri, M., Sahnoun, Z., Nedjar-Arroume, N., y Bougatef, A. (2015). Ability of natural astaxanthin from shrimp by-products to attenuate liver oxidative stress in diabetic rats. *Pharmacological Reports*, 67(2), 310-316. <https://doi.org/10.1016/j.pharep.2014.09.012>.

Sobre los autores

Coordinadores

Dr. Juan Pablo Apún Molina

Doctor en Ciencias en Biotecnología, por el Instituto Tecnológico de Sonora. Profesor Investigador Titular C, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional. Profesor Titular de Investigación C del Departamento de Acuicultura, Licenciatura en Ecología Marina. Universidad Autónoma de Guerrero, México. Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente en CIIDIR-IPN, Guasave Sinaloa, México. Doctor en Ciencias por el Instituto Tecnológico de Sonora Miembro del Sistema Nacional de Investigación Nivel 1. Miembro honorífico del Sistema Sinaloense de Investigadores. Dirección de 4 proyectos de Innovación Tecnológica PEI Conahcyt investigación, 22 internos SIP-IPN, 3 externos, Conacyt, 3 con recursos estatales. Tiene 11 artículos científicos JCR, 2 capítulos de libro. En la Formación de Recursos Humanos: 2 tesis de licenciatura, 10 tesis de maestría (1 *cum laude*), 1 alumno de Doctorado en proceso. Participación en los programas de posgrado: Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente y miembro del Núcleo Básico del Doctorado en Conservación del Patrimonio Paisajístico. Acuicultura, Reproducción de animales marinos, estancias de Investigación (maestría) desde 2003 a la fecha. Conferencias: Nacionales 10 presentaciones orales, 15 presentaciones internacionales (Israel, Brasil, India, USA, Panamá, España, Australia, Corea del Sur, Hawái). Miembro de la red de Medio Ambiente del Instituto Politécnico Nacional. Miembro fundador de la Asociación Mexicana de Acuicultura. Miembro de la Asociación Mundial de Acuicultura.

SNII: I

ORCID: 0000-0001-9006-8882.

RESEARCHGATE: <https://www.researchgate.net/profile/Juan-Pablo-Molina>

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8557066500>

ELSEVIER: <https://ipn.elsevierpure.com/es/persons/juan-pablo-apun-molina>

Dra. Apolinar Santamaría Miranda

Doctora en Ciencias Marinas y Costeras. Profesora Investigadora Titular C, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional. Profesor Titular de Investigación C desde 1999 a la fecha en el Departamento de Acuicultura, Licenciatura en Ecología Marina. Universidad Autónoma de Guerrero, México. Maestría en Ciencias en manejo de Recursos Marinos en CICIMAR-IPN, La Paz, B.C.S. México. Doctora en Ciencias Marinas y Costeras, Universidad Autónoma de Baja California Sur. Estancia académica en la Universidad de Auburn Alabama EE.UU. 2016-2017 Estancia académica en la Universidad de Florida EE.UU. 2020-2021. Jefe del Departamento de Análisis de Impacto Ambiental, departamento de Ecología, Municipio de Acapulco-1992-1994. Jefe del Departamento de Acuicultura en 2005 y 2012. Miembro del Sistema Nacional de Investigación Nivel 1. Miembro honorífico del Sistema Sinaloense de Investigadores, Dirección de 31 proyectos de investigación, 22 internos SIP-IPN, 3 externos, Conacyt, 6 con recursos estatales; 32 artículos científicos JCR, 3 capítulos de libro. En la Formación de Recursos Humanos: 13 tesis de licenciaturas (4 *cum laude*), 14 tesis de maestría (4 *cum laude*), una de doctorado. Participación en los Programas de posgrado: Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente y en el seminario I del Doctorado en Conservación del Patrimonio Paisajístico. Asignaturas impartidas: Dinámica de Poblaciones, Histología (Licenciatura) 2003-2005, Acuicultura, Reproducción de animales marinos, estancias de Investigación (Maestría) desde 2003 a la fecha. Conferencias: Nacionales 40 presentaciones orales 15 presentaciones Internacionales (Israel, Brasil, India, EE.UU., Panamá, España, Australia, Corea del Sur, Hawái). Miembro de la Asociación Ictiológica Mexicana desde 2003 a la fecha. Miembro de la red de Medio Ambiente del Instituto Politécnico Nacional. Miembro fundador de la Asociación Mexicana de Acuicultura. Presidente y fundador de la Asociación de asistencia social ESFUERZO SOTENO A.C. desde 2020. Miembro de la Asociación Mundial de Acuicultura. Desde 2010 a la fecha ha participado como jurado de entrega de premios en 4 eventos.

SNII: I

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8335-1460>

RESEARCHGATE: <https://www.researchgate.net/profile/Apolinar-Santamaria>

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6507903146>

ELSEVIER: <https://ipn.elsevierpure.com/es/persons/apolinar-santamaria-miranda>

Dra. Teresa Leticia Espinosa Carreón

Doctora en Ciencias. Especialidad en Ecología Marina. Profesora Investigadora Bióloga egresada de la UNAM. Con maestría y doctorado en ciencias en Ecología Marina del CICESE. Estancia de doctorado en la Universidad de Oregon, EE.UU. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2007 a la fecha. Desde 2005 a la fecha es profesor Investigador Titular C en el Instituto Politécnico Nacional-CIIDIR Unidad Sinaloa. Miembro del Núcleo Académico Básico de la maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente, y coordinadora del Doctorado en Ciencias en Conservación del Patrimonio Paisajístico nodo Sinaloa. Sus líneas de investigación son producción primaria fitoplanctónica, percepción remota, flujos de carbono, acidificación del océano, cambio climático y acoplamiento físico-biológico en los sistemas marinos. Dirección de proyectos científicos y apoyo económico del IPN, Federación de Pescadores y Conacyt. Graduó 5 estudiantes de licenciatura, 19 de maestría y 2 de doctorado. Tiene publicaciones en revistas indexadas, capítulos de libro, artículos de divulgación, ponencias nacionales e internacionales, participación en entrevistas de radio. Miembro de Asociaciones: Global Oceanic Acidification-Observing Network (GOA-ON, Canadá-EE.UU.-México), Latin American Ocean Acidification Network (LAOCA), Asociación Nacional de Oceanografía, Mar de Cortes, Unión Geofísica Americana, las redes Conacyt del Programa Mexicano del Carbono, Océano, Clima y Cambio Global, y a la Red de Medio Ambiente del IPN. Participación en comités editoriales de libros y revisor en revistas indexadas internacionales (*Continental Shelf Research, Advanced in Space Research, Deep Sea Research, Science of Total Environment, Journal Geophysical Research, Crustacean, Environmental Pollution, International Journal of Fisheries and Aquaculture, Biología Tropical, Hidrobiológica, Ecología Aplicada*) y nacionales (*Ciencias Marinas, Bio Ciencias, Ciencia desde el Occidente de la UAdeO*). Líder de los programas: a) Fortalecimiento de la investigación Oceanográfica en Sinaloa: estudio de largo periodo del dióxido de carbono en una zona de surgencias del norte de Sinaloa, b) Desarrollo de dispositivos

para el monitoreo en tiempo real de la calidad del agua para apoyar el estudio del efecto del cambio climático en ambientes marino-costero, dulcea-cuícolas, y su uso en cultivos acuícolas, y *c*) del monitoreo de la acidificación del océano en el Pacífico mexicano. Colaboración en las investigaciones del flujo de CO₂ y sistema del carbono con la Secretaria de Marina Armada en México en el golfo de California desde 2016, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM en 2017-2019 en el Pacífico tropical mexicano, y con el Instituto Nacional de la Pesca y Acuicultura en la costa occidental de Baja California, Baja California Sur, golfo de California y en el Pacífico tropical mexicano desde 2019.

Titular C, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional
SNI: I

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0003-7757>

Dr. Jesús Arturo Fierro Coronado

Doctor en Ciencias Marinas y Costeras, UABCS Profesor Investigador Titular B, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional. Profesor Investigador Titular B Especialista en Bioquímica, Biología Molecular e Inmunología. Dirigió 5 alumnos de maestría y 2 de nivel licenciatura. Imparte las asignaturas de Inmunología, Bioquímica y tópicos de cultivos acuícolas a nivel posgrado. Participó dirigiendo 12 proyectos de investigación y participado en 12 más. Miembro del cuerpo académico, SNI I; tiene 25 artículos indexados.

SNI: I

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9704-6288>.

RESEARCHGATE: <https://www.researchgate.net/profile/Jesus-Fierro-Coronado>

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=23488621600>

Dra. Crisantema Hernández González

Titular de la Coordinación Regional CIAD-Mazatlán. Profesor Investigador Titular D, SNI II. Su investigación se ha centrado en el cultivo y nutrición de tilapia, camarón, y peces marinos (pargo y robalo). Ha sido responsable de 13 proyectos multidisciplinarios. Responsable del primer proyecto de

peces marinos en Sinaloa. Responsable de proyectos ejecutivos de plantas de alimentos para pequeños productores en las entidades de Guerrero, Oaxaca y Chiapas. Responsable de proyecto FOMIX 60308 en tilapia con modelo pentahélice al unir gobierno, industria, academia, medioambiente y sociedad. Responsable de cuatro proyectos ejecutivos de plantas de alimentos para entidades como Nayarit y del sur. Responsable de proyectos de consultorías por solicitud de empresas nacionales e internacionales I+D+i como Lucta México, Lucta España, Bioibérica (España) y Core Food Solutions (México-EE.UU.). Responsable de dos patentes de alimentos para peces de importancia comercial; preengorda y engorda de pargo. MX/a/2012/010366; preengorda/engorda de tilapia MX/a/2015/016590. Coautora de una tercera patente de invención en colaboración con el CIDIR-IPN Guasave, Sinaloa, y la UPSIN: Proceso para la obtención de hidrolizados proteicos a partir de subproductos provenientes del procesamiento de atún (*Thunnus albacares*) MX/a/2017/006215. Ha publicado 62 artículos en revistas de alto impacto JCR, 1 libro, 13 capítulos de libro. En docencia ha dirigido 11 estudiantes de doctorado, 22 de maestría, 73 de licenciatura, y tiene un estudiante de posdoctorado en proceso. Ha impartido más de 20 conferencias magistrales, 39 conferencias en congresos nacionales e internacionales. Permanencia desde hace 14 años en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Desde 2020 recibió el reconocimiento como Miembro de la Academia Mexicana de Ciencias. Miembro de la Red de Divulgadores de Ciencia y Tecnología del Estado de Sinaloa. Divulgador de ciencia titular. CONFIE 2023. Participa activamente en tres Redes Temáticas; 1) Red Temática Conacyt ALFANUTRA, 2) Red temática de Seguridad alimentaria Red PDA: Valorización de residuos y Reducción de Perdidas y Desperdicios (PDA) y 3) Red temática de “Bioproductos y Bioprocesos”. Participante e integrante de la Red Mesoamericana de Acuicultores de pequeña escala donde participan países como México, Honduras, Guatemala, Costa Rica, El Salvador y Nicaragua. Es miembro fundador de la Sociedad Mexicana de Acuicultura (SOMEXACUA) Coordinadora del capítulo de Nutrición acuícola; así como de la Asociación Mexicana de Nutrición Acuícola (AENA). Editor Asociado de la Revista indizada en JCR *Latín American Journal of Aquatic Research* desde 2016 a la fecha. Revisora de revistas nacionales e internacionales. Laboratorio de Nutrición acuícola y Planta de Alimentos Sabalo Ce-

rritos s/n, Estero del Yugo 82112, Mazatlán, Sinaloa. México +(52) 669 9898700 ext. 208

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8912-3354>

RESEARCHGATE: https://www.researchgate.net/profile/Crisantema_Hernandez

Dr. Pedro Hernández Sandoval

Doctor Ciencias Biológico Agropecuarias (Especialidad en Ciencias Pesqueras). Obtuvo la maestría en Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR-SINALOA)-IPN. Desde el 2007 es profesor-investigador en la Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Los Mochis, en el Departamento Académico de Ciencias Naturales y Exactas.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7005-4555>

Google Scholar: <https://scholar.google.com.mx/citations?user=TzCcD-MEAAAAAJ&hl=es>

Dr. Miguel Ángel Hurtado Oliva

Profesor e Investigador Titular C, Facultad de Ciencias del Mar. Especialista en fisiología y nutrición de organismos acuáticos. Ha dirigido 4 alumnos de doctorado, seis de maestría y seis a nivel licenciatura. Imparte las asignaturas de Nutrición de organismos acuáticos, Fisiología de organismos acuáticos, Introducción a la acuicultura y maricultura a nivel licenciatura, Cultivo de Moluscos, Tópicos selectos en fisiología de organismos acuáticos a nivel posgrado. Ha participado en 3 proyectos de investigación y ha presentado diez ponencias en congresos. Miembro del Núcleo Académico Básico de los programas de posgrado (maestría y doctorado) de la Facultad de Ciencias del Mar y Colegio de Ciencias Agropecuarias, ambos de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Reconocimiento de Perfil Deseable PRODEPSEP de 2023-2026. Miembro Honorífico del Sistema Sinaloense de Investigadores y Tecnólogos, convocatoria 2013 a la fecha. Tiene 26 artículos científicos indexados. Universidad Autónoma de Sinaloa

RESEARCHGATE <https://www.researchgate.net/profile/Miguel-Hurtado-Oliva>

Dr. Leonardo Ibarra Castro

Doctor en Ciencias en Acuicultura. Profesor Asistente en Whitney Laboratorio en la Universidad de Florida EE.UU. Coordinador del Programa de Acuicultura Marina del laboratorio Whitney de la Universidad de Florida, asesor y consultor de la FAO, instituciones educativas y el sector privado de 2019-2012. Director General y Jefe de Equipo del Laboratorio del Programa de Investigación en Crianza y Reproducción de Peces Marinos. Creador y Gerente del Laboratorio a Escala Comercial para el Programa de Crianza de Juveniles de Peces Marinos del CIAD, Mazatlán. 2011-2023. Gerente General de PINSA S.A. de C.V., (Fabrica de Procesados de Pescado). Mazatlán, Sinaloa 1998-1999 Gerente General Granja Acuícola Biomar I (Granja Camaronera), Las Grullas, Sinaloa, México 1997-1998 Gerente General Planta de Manejo de Aguas Residuales de Cia. Embotelladora del Pacifico Mazatlán, Sinaloa durante 1996-1997. Propietario y gerente de Perla's Arts and Crafts Store. Mazatlán, Sinaloa, México 1998-2017. Participación en el posdoctorado en Reproducción y Cultivo de Larvas de Peces Marinos. Colaboración en el programa de investigación entre el Instituto de Ciencias Marinas, Port Arkansas, Texas; Universidad de Texas y Universidad Nacional Autónoma de México, UMIDI-Sisal, Mérida, Yucatán 2009-2010. Doctor. de la Ciencia: Reproducción de Peces Marinos. CIAD-Mazatlán, Sinaloa, México 2005-2008. Maestría en Ciencias: Reproducción de Peces Marinos. CIAD-Mazatlán, Sinaloa, México (CIAD-Mazatlán 2002-2004. Licenciatura en Ciencias: Biólogo Acuícola. FACIMAR, UAS, Mazatlán, Sinaloa, México (Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa). 1991-1996. Comité Evaluador de la Revista de Ciencias Marinas y Costeras de la Universidad Nacional de Costa Rica, 2014. Conacyt. Miembro registrado del Comité de Evaluadores Acreditados (RCEA). Evaluador del Comité Académico de la Universidad Autónoma de Nayarit. Comité Editorial de Revista HIDROBIOLÓGICA. Revisor en revistas especializadas en acuicultura. Tiene más de 75 informes técnicos y artículos científicos en revistas y diarios internacionales como *Aquaculture Nutrition Journal*, *Latin-American Journal of Aquatic Research*, *Aquaculture Research Magazine*, *North American Journal of Aquaculture*, *Aquaculture Economics and Management*, *Journal of the World Aquaculture Society*, *Aquaculture Magazine*, *The Israeli Jour-*

nal of Aquaculture, Journal Thermal Biology; 5 libros y manuales, 8 tesis de posgrado dirigidas, 35 conferencias y 9 proyectos de investigación dirigidos.

SNII: I

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2159-9038>

Dra. Patricia Muñoz Sevilla

Doctorado en Oceanografía Biológica en la Université d'Aix-Marseille II, Francia y el postdoctorado en Bioquímica Marina en "École Pratique des Hautes Études" en Paris. Profesora Investigadora Titular C, CIEMAD, Instituto Politécnico Nacional. Ha graduado a 30 maestros en Ciencias y 12 doctores, impartido cursos de posgrado en el IPN y como profesora de conferencias en "École Pratique des Hautes Études" en Concarneau, Francia. Ha sido directora y participante en 59 proyectos relacionados con la gestión de recursos marinos, desarrollo costero, recursos hídricos, contaminación marina, impacto ambiental y gestión integral de la zona costera con organizaciones nacionales e internacionales. Tiene 310 presentaciones en simposio, conferencias, foros y reuniones que se han dictado y 92 conferencias magistrales. Cuenta con 89 artículos científicos y de divulgación publicados, 18 capítulos en libros y tres libros sobre zonas costeras y deterioro ambiental. Ha sido parte de la Academia de Ciencias de Nueva York, de la Sociedad Americana de Química, Consejo Consultivo Nacional para el Desarrollo Sostenible (Semarnat), Coordinadora de la Red Institucional de Medio Ambiente (IPN), del Comité de Política Ambiental de Pronatura, México, 16 participaciones en otros consejos relacionados con el medio ambiente, a nivel nacional e internacional. Es coordinadora científica para México del Observatorio de Mares y Costas Jacques-Yves Cousteau. Asesora Científica de la Junta de directores del Fondo Ambiental del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático; miembro del Consorcio de Instituciones de Investigación Marina del Golfo de México y el Mar Caribe, Coordinadora de Autores para el IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático de Naciones Unidas) WGII, capítulo 3, Océanos, Miembro del Consejo de Cambio Climático de México (2015-2020) y presidente de este de 2017-2020. Director Regional para México de la Asociación de Graduados de la Universidad Iberoamericana y directora del Master en Cambio Climático

de la Fundación Universitaria Iberoamericana (2013-2015). En el Instituto Politécnico Nacional se desempeñó como directora del CIIDIR Unidad de Sinaloa (1997-2003), de la Dirección de Estudios Profesionales en Ciencias Médicas Biológicas (2004-2005) y del CIEMAD (2007-2013), así como Secretaria de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional (2013-2015). Ha participado en el Ordenamiento Marino del Golfo de California. Miembro del comité técnico de Ordenamiento Ecológico Marino Regional del Golfo de México y el Mar Caribe. Miembro del Comité Ejecutivo. Planificación Marina Regional del Pacífico Norte y Pacífico Central Sur, México. Invitado permanente en “Política ambiental Nacional para el Desarrollo Sostenible de Océanos y Costas de México Semarnat). “Política Nacional de Mares y Costas de México”. Actualmente responsable de la propuesta del proyecto MEXICOOS (Sistema de Observación de los Océanos Costeros de México), un proyecto asociado con GCOOS/NOAA/USA y JERICO Next en Europa, en el marco de Horizonte 2020, para la observación de áreas marino-costeras en México. Coordinador de la reunión “Grandes ecosistemas marinos de América Latina”, en México-IPN, en colaboración con Kenneth Sherman (NOAA) y Julien Barbieri (UNESCO-COI) septiembre de 2015. Tiene 41 premios por su desempeño profesional, la distinción del Instituto Biográfico Americano como “Gran mujer del siglo XXI”, edición 2004/2005, en el área de Desarrollo Sostenible y La “Orden de las Palmas Académicas en grado de Caballero”, condecoración otorgada por el Gobierno de la República Francesa, 2011 por su trabajo en Oceanografía y cultura francesa; mención honorífica en el Doctorado en Oceanografía Biológica de la Universidad de Aix-Marseille II en Francia y diploma de honor otorgado por la Universidad de Los Andes, Venezuela, en reconocimiento a la destacada carrera académica, 2015. Asesorías para la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (Semarnat), por más de 10 años. Trabaja como asesora externa para organizaciones internacionales como la UNESCO, el PNUMA, la ONU y la ONUDI. Coordinó el Estudio de alcance para establecer el Ocean Institute en Brest, Francia, para la Universidad de las Naciones Unidas, 2019. Honorario Distinguido del Movimiento POP (Protect Our Planet). Miembro del Consejo del Foro Mundial de Desarrollo Sostenible; presidente del Consejo Técnico Asesor para la Ampliación del Puerto de Veracruz y miembro del Comité Directivo del “P4G Getting to Zero Coa-

lition”, grupo internacional con sede en el Reino Unido para alcanzar cero emisiones en el sector marítimo.

SNII: I

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2863-3323>

Dr. Omar Llanes Cárdenas

Profesor investigador, Departamento medio ambiente del CIIDIR IPN Sinaloa. Doctor en Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales, Profesor Investigador Titular C, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional. Especialista en hidroclimatología y desertificación, Profesor titular de las asignaturas de Hidrogeoquímica, tiene más de 40 publicaciones en extenso en congresos nacionales e internacionales, 20 publicaciones en revistas internacionales arbitradas, más de 10 direcciones de tesis de licenciatura y maestría, y 6 libros publicados. Profesor del doctorado en Conservación del Patrimonio Paisajista de la red de Medio Ambiente y de la maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente ambos del IPN.

SNII: I

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8362-7607>

Dr. Sergio Medina Godoy

Profesor Investigador Titular C Ingeniero Bioquímico, Facultad de Ciencias Químico-Biológicas de la Universidad Autónoma de Sinaloa. 1998. Doctorado en Ciencias con especialidad en Biotecnología de Plantas. CINVESTAV-IPN, Unidad Irapuato. 2005. Estancias: Universidad Purdue, EE.UU., 2003. Anfitrión Nielsen, N.C. Universidad de Manitoba, Canadá, 2008. Anfitrión Rotimi R.E. Universidad de Ottawa, Canadá, 2020-2021. Anfitrión Udeningwe C. Líneas Actuales de Investigación. Obtención y caracterización de ingredientes y alimentos funcionales con valor agregado a partir de subproductos de la agricultura. Caracterización de proteínas vegetales con fines biotecnológicos. Tiene 14 publicaciones recientes seleccionadas (2017-2022). Tesis de Doctorado. Dirección de 21 tesis de maestría, 5 de Doctorado. Cuenta con proyectos de investigación aprobados (2016-2021): Impacto de una fertilización orgánica en la composición nutrimental en

cultivos de jitomate, frijol y lechuga. Director de Módulo 20201810. Proyecto Multidisciplinario 2020-2022. Valorizar el subproducto agroindustrial del procesamiento de chile jalapeño a través de un enfoque peptídico y bioactiva. Proyecto de estancia sabática agosto 2019-julio 2020, IPN, Conacyt. Apoyos Complementarios para Estancias Sabáticas Vinculadas a la Consolidación de Grupos de Investigación). Caracterización tecnofuncional del concentrado proteínico y almidón de frijol azufrado higuera y su empleo en la elaboración de alimento libre de gluten. Director SIP-IPN 20195648, enero-diciembre 2019. Estudio de las propiedades, caracterización y aprovechamiento de compuestos fenólicos y carotenoides de subproductos de la industrialización de tomate. Director SIP-IPN 20181449, enero-diciembre 2018. Composición fenólica de dos variedades de tomate y un subproducto industrial: Fenólicos libres, conjugado y ligados y actividad antioxidante. Director SIP-IPN 20171115, enero-diciembre 2017. Efecto bioprotector de compuestos bioactivos de tomate (*Solanum lycopersicum*) frente al daño inducido por plaguicidas en eritrocitos y líneas celulares in vitro. Director SIP-IPN 20160160, enero-diciembre 2016. Fraccionamiento a nivel planta piloto del grano de frijol azufrado higuera para la obtención de sus componentes y formulación de una harina libre de gluten. IPN-SIP. Proyectos para la Innovación 2016. 20164879. Distinciones: Becario COFAA Nivel IV, Becario EDI Nivel VIII. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores del Conacyt desde enero de 2007 a 2024. Profesor Investigador Titular C, SNI I Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario para el Desarrollo Integral Regional Laboratorio de Alimentos Funcionales y Metabolómica Agrícola. Blvd. Juan de Dios Bátiz Paredes #250, Col. San Joachin, 81101, Guasave Sinaloa, México+(52) 687 8729625 ext. 87654

<https://www.ciidirsinaloa.ipn.mx/investigacion/curriculums-pagina/duplicado-de-biotecnologia/sergio-medina.html>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4718-2169>

RESEARCHGATE: <https://www.researchgate.net/profile/Sergio-Medina-8>

Scopus:<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57217236190>

Dr. Mariano Norzagaray Campos

Doctor en Ciencias Marinas. Profesor Investigador Titular C, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional. Líneas de Investigación: Hidrogeología e Hidrogeoquímica, Geofísica aplicada, simulación numérica. Energías renovables. Cambio climático. Contaminación y restauración de suelos y aguas subterráneas. Miembro del sistema nacional de investigadores (SNI), Premio Nacional de Ciencia y Tecnología en el Área de Medio Ambiente del IPN, 1998. Miembro de la Unión de Geofísica Mexicana. Miembro de la Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales. Reconocimiento por la SEPDES en la dirección de proyectos de investigación de niños CAS (capacidad y aptitudes sobresalientes). Miembro de la Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales. Reconocimiento por parte de la Universidad de Occidente por apoyo a la elevación académica del área de Ingeniería Civil. Reconocimiento desde el año 2004, por parte de la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guasave y la Comisión Nacional del Agua, por la contribución a la sociedad por los proyectos de investigación dirigidos en el municipio de Guasave y en diversos distritos. Miembro del equipo de consulta de Medio Ambiente, realizado por la Asociación Gran Visión por Petatlán 2030, en el año 2003. Participación del Convenio bilateral entre Cuba-México para la reconstrucción de la presa Majibacoa en el Municipio de Las Tunas. Proyectos de investigación en relación con la Exploración subterránea del recurso hídrico en zonas marginadas de la sierra madre occidental al norte de Sinaloa (municipio de Choix/2023). Ensamble de técnicas geofísicas e hidrogeoquímicas en la prospección de salmueras y arcillas subterráneas asociadas a la presencia de litio en el noroeste de México. Tiene 35 Artículos científicos indexados.

SNI: I

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6911-7392>

Dr. Francisco Quiroz Figueroa

Doctor en Biotecnología. Centro de Investigación Científica de Yucatán, México. Profesor Investigador Titular C, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional. Cuenta con memorias en extenso y artículos de difusión, 3 artículos arbitrados, 6 capítulos de libros y 38 artículos JCR, 30 ponencias en congresos. Dentro de las distinciones ha obtenido 14. Segundo lugar en el IX Concurso de Creatividad (fase regional), en 1994. Su artículo fue seleccionado como uno de los más interesantes publicados en el año 2002 en la revista *Journal of Plant Physiology*. Miembro del Programa de Primas al Desempeño del Personal Académico de Tiempo Completo (PRIDE) Nivel B durante el periodo 2006–2008 y durante el periodo 2009–2011. Investigador Honorífico del Sistema Sinaloense de Investigadores y Tecnólogos desde 2011 a la fecha. Programa de Estímulos al Desempeño de los investigadores desde abril 2012 a la fecha. Segundo lugar en el “Concurso Nacional de Fotografía científica 2012” por el Conacyt en colaboración con el Centro de Imagen, las Revistas *Nacional Geographic*, *¿Cómo ves?*, *Ciencias y Elementos*. Fotografía titulada *Nacimiento*, *Ciencia y Desarrollo* 38(261) pp. 36-37. Segundo lugar en presentación de cartel en la temática de Histología vegetal en el xxxvi Congreso Nacional de Histología el 2013, Cuernavaca, Morelos por la Sociedad Mexicana de Histología. Ha dirigido 12 tesis a nivel licenciatura, a nivel posgrado 10. Es evaluador de proyectos Conacyt y de artículos científicos en las revista *Plant Cell*, *Interciencia* 2011. *Journal of american society for horticultural*, *Journal of Molecular Science*, *Marine Drugs International Scholars Journals*, *Journal of american society for horticultural science*, *BIOTECNIA 2013*, *American Biology Teacher*, *BioTecnociencia*, *Revista Mexicana de Micología*, *African j of biotechnology*, *Journal of Plant Physiology*, *revista Investigación y Desarrollo UAA*, *revista RIIT*, *Tecnociencia*, *Cultivos tropicales*, *Podosfera*, *Functional Plant Biology*. Ha dirigido 21 proyectos de investigación. Miembro de la Red institucional de Biotecnología del Instituto Politécnico Nacional, Integrante Honorífico del Sistema Sinaloense de Investigadores y Tecnológicos en el área de “Biotecnología y Ciencias Agronómicas” del COECYT, Miembro de la red temática de investigación en “Biotecnología para la agricultura y la alimentación del Conacyt (2011-2016). Miembro de la red temática de investigación en

“Fuentes de Energía” del Conacyt (2011 -2014). Miembro de consejo directivo la Sociedad Mexicana de Histología A.C. desde 2012, a octubre de 2014. Miembro de la Red de Biotecnología del IPN. Miembro de la Red de Medio ambiente del IPN de 2016 a la fecha; ha dictado 28 conferencias académicas.

SNI: II

ResearchGate: www.researchgate.net/profile/Francisco_Quiroz-Figueroa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1950-4810>

Dr. Ángel Humberto Rojo Cebreros

Doctor en Ciencias en Acuicultura, Unidad Académica Mazatlán en Acuicultura y Manejo Ambiental del CIAD. Profesor de la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Facultad de Ciencias UNAM Sisal, Yucatán. Colaborador en las transferencias tecnológicas para el cultivo de peces marinos a empresas e instituciones gubernamentales y sociales, desde la planta piloto de peces marinos del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C. Unidad Mazatlán, en el periodo 2011-2019. Estancia de entrenamiento profesional en un modelo de negocio acuícola, afiliado al programa Worldwide Farmers Exchange (agosto 2018-agosto 2019) de EUA, asignado a la compañía Dunn´s Fish Farm en Brinkley, Arkansas; en esa misma empresa trabajó en la producción de juveniles y engorda de peces en el periodo 2019-2023. Profesor Asociado en la UMDI-Sisal, UNAM. Ha estudiado las capacidades inmunológicas de los peces teleósteos de importancia acuícola durante su desarrollo temprano y estímulos para potenciar su respuesta inmunológica para mejora de los protocolos de cultivos larvarios de peces ayudando a dar certeza en la producción de juveniles.

SNII: II

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8364-296X>

RESEARCHGATE: www.researchgate.net/profile/Angel-Rojo

M en C. Mirella Saucedo Lozano

Maestra en Ciencias por la Universidad de Colima. Profesora-investigadora Titular C de tiempo completo en el Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras, de la Universidad de Guadalupe

ra. Sus líneas de investigación son ecología y aprovechamiento de Organismos Acuáticos. Autora de un libro de divulgación, y tres capítulos de libros relacionados con ecología trófica. Autor de 16 publicaciones en revistas científicas con arbitraje internacional, indizadas. Autor de 5 artículos de divulgación científica. Árbitro revisor en dos revistas internacionales. Ponente en 47 foros nacionales y 12 internacionales. Imparte cursos en la Licenciatura en Biología Marina.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4566-6266>

Scopus Author ID: 56008908800

Dra. María Isabel Sotelo González

Universidad Autónoma de Sinaloa Facultad de Ciencias del Mar. Doctora en Ciencias en Recursos Acuáticos por la Facultad de Ciencias del Mar, Unidad Mazatlán, Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), 2018-2022. Título de tesis: Ecofisiología reproductiva de *Larkinia grandis* (Broderip y G.B. Sowerby I, 1829) en el estero El Cohui al sureste del Golfo de California. Graduada con mención honorífica. Maestría en Recursos Naturales en el Instituto Politécnico Nacional-CIIDIR, Unidad Sinaloa, 2015-2017. Título de la tesis: Relación de los parámetros ambientales con el crecimiento, ciclo gametogénico y composición bioquímica de una población silvestre de la almeja sifón *Panopea globosa* (Dall, 1898), en el sistema lagunar Altata-Ensenada Pabellones, Navolato, Sinaloa. Graduada con mención honorífica. Licenciatura en Biología en la Universidad Autónoma de Occidente; Guasave, Sinaloa, 2009-2013. Título de tesis: Primer cultivo de organismos triploides y diploides de ostión japonés *Crassostrea gigas* cultivados en el estero Bacorehuis, Ahome, Sinaloa. La producción científica incluye seis artículos en revistas indexadas, dos artículos de divulgación, asesora en cuatro tesis de licenciatura; ha impartido clases y cursos a estudiantes de licenciatura; además ha participado en congresos, foros y reuniones científicas.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3159-8255>

Dra. Maribel Valdez Morales

Profesora de Asignatura B. SNI I. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Sinaloa. Instituto Politécnico Nacional. Laboratorio de Alimentos Funcionales y Área de Metabolómica Agrícola. Blvd. Juan de Dios Bátiz Paredes 250, Col. San Joachin, 81010, Guasave, Sinaloa. México

<https://www.ciidirsinaloa.ipn.mx/investigacion/curriculum-pagina/duplicado-de-biotecnologia/maribel-valdez.html>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6812-5905>

RESEARCHGATE: <https://www.researchgate.net/profile/Maribel-Valdez-Morales>

Dr. Juan Violante González

Doctor en Ciencias Marinas por el CINVESTAV Mérida, Profesor titular Unidad Académica de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero. Se dedica a la ecología de parásitos metazoarios de peces marinos de importancia comercial. Ha publicado más de 20 artículos sobre comunidades de parásitos, en los cuales se destaca la importancia de estos organismos como bioindicadores de cambios antropogénicos, así como de su empleo en la diferenciación de poblaciones de peces marinos.

SNI: II

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6291-8763>

Aspectos biológicos para la maricultura
de Lutjánidos, Apolinar Santamaría Miranda,
Juan Pablo Apún Molina (editores), publicado por
Ediciones Comunicación Científica, S. A. de C. V., se terminó
de imprimir en diciembre de 2023 en los talleres de Litográfica
Ingramex S.A. de C.V., Centeno 162-1, Granjas Esmeralda, 09810,
Ciudad de México. El tiraje fue de 500 ejemplares impresos y en versión
digital para acceso abierto en los formatos PDF, EPUB y HTML.

La demanda de organismos acuícolas para consumo humano, tales como pescados, mariscos y sus derivados, es cada vez mayor debido a su calidad nutricional; la disminución de los rendimientos de las pesquerías han mostrado un estancamiento. Los Lutjánidos son peces objetivo de las pesquerías artesanales en los estados costeros de las zonas tropicales y subtropicales de México, ya que son especies de gran demanda en el mercado y brindan grandes ingresos a los pescadores. Uno de los géneros de mayor importancia comercial perteneciente a esta familia, es el *Lutjanus* entre ellos las especies *Lutjanus peru*, *Lutjanus guttatus*, *Lutjanus argentiventris* y *Lutjanus colorado*. Se han sugerido que son especies con gran potencial en la acuicultura. El propósito del presente documento es aportar información sobre aspectos reproductivos, fisiología, hematología, calidad de agua en cultivo y variables ambientales que inciden en su población natural y salud de los pargos. Los cambios en las prácticas de manejo pesquero y contaminación del medioambiente pueden generar nuevos determinantes para la salud de las pesquerías.



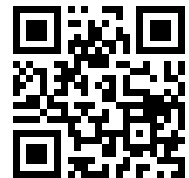
Apolinar Santamaría Miranda es Doctora en Ciencias Marinas y Costeras por la Universidad Autónoma de Baja California Sur. Profesora-investigadora Titular C, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional. Miembro del SNIII del Conahcyt, nivel I.



Juan Pablo Apún Molina es Doctor en Ciencias en Biotecnología por el Instituto Tecnológico de Sonora. Profesor-investigador Titular C de CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, Miembro del SNIII del Conahcyt, nivel I.



Dimensions



DOI.ORG/10.52501/CC.151



**COMUNICACIÓN
CIENTÍFICA** PUBLICACIONES
ARBITRADAS

HUMANIDADES, SOCIALES Y CIENCIAS

www.comunicacion-cientifica.com

ISBN-13: 978-607-59874-6-0



9 786075 987460